

Anais da **1º Mostra**
de Iniciação Científica
& Pesquisa do Ibmecc

 **ibmecc**

- 9** **A ARQUITETURA MODERNISTA ORDINÁRIA: ESTUDO DE CASO – BAIRRO FUNCIONÁRIOS EM BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS**
- Marcia Cavalieri
Marcella Barão
- 13** **CICLOS ECONÔMICOS: UM ENSAIO COM VARS BAYESIANOS**
- Gustavo Peixoto Menezes
Luiz Carlos Day Gama
- 31** **PBL COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PARA INGRESSANTES: ESTUDO DE CASO SOBRE ROTEIRIZAÇÃO DE VIATURAS E MITIGAÇÃO DE FURTOS DE CABOS DE COBRE EM BELO HORIZONTE**
- Clarissa Ana Zambiasi
Gisele Tessari Santos
Sabrina Moreira De Oliveira
Christiano Alves Farias
Pedro Henrique Calais Guerra
- 43** **DETERMINANTES MACROECONÔMICOS DO ENDIVIDAMENTO E DA INADIMPLÊNCIA DA POPULAÇÃO BRASILEIRA, 2012-2024**
- Marcos Antônio de Camargos
Alexandre Teixeira Dias
- 76** **A FORMAÇÃO DO BAIRRO FUNCIONÁRIOS NA NOVA CAPITAL DE MINAS GERAIS E SUAS TRANSFORMAÇÕES NA CONTEMPORANEIDADE**
- Marcia Cavalieri
Sílvia Loureiro
- 87** **EFEITOS LONGITUDINAIS DA PRÁTICA DE *INTERLOCKING* E DO TAMANHO DO CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO NO DESEMPENHO DE FIRMAS BRASILEIRAS EM PERÍODO DE CRISE**
- Alexandre Teixeira Dias
Eduardo Senra Coutinho
Lucas Rodrigues Azambuja
Marcos Antônio Camargos

- 103** **CICLOS ECONÔMICOS E DISTORÇÕES MONETÁRIAS:
UMA LEITURA DA ESCOLA AUSTRIACA DOS ÚLTIMOS 21
ANOS NO BRASIL**
- LAURO GONÇALVES AGUIAR
CLAUDIO DIJSSEY SHIKIDA (IBMEC)
LUIZ CARLOS DAY GAMA (IBMEC)
- 129** **USO DE REDES NEURAIIS HÍBRIDAS CNN-BILSTM PARA O
RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE GESTOS ISOLADOS
EM LIBRAS**
- Túlio Castro Silva
Prof. Pedro Henrique Calais Guerra
- 151** **ANÁLISE DO IMPACTO DA DIGITALIZAÇÃO NO
CRESCIMENTO ECONÔMICO EM PAÍSES DESENVOLVIDOS
E SUBDESENVOLVIDOS DOS ANOS 2000 A 2020**
- Debora Rocha da Silva
Christiano Alvez Farias
Luiz Carlos Day Gama
- 179** **EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL:
DESENVOLVIMENTO DE UM WEB-APP DE MOBILIDADE
URBANA EM PARCERIA COM A CPTM**
- Tamara Simões Silva
Daniel de Souza Gamarano
Gisele Tessari Santos
Clarissa Ana Zambiasi
- 183** **COMPUTAÇÃO QUÂNTICA: FUNDAMENTOS E PRIMEIROS
PASSOS COM QISKIT — UM ESTUDO INTRODUTÓRIO**
- Mariana Vieira Barreto
Francisco Martins de Aguiar
Orientação: Prof. Sérgio Luiz Araújo Vieira, IBMEC BH
- 187** **RESUMO EXPANDIDO: EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA COMO
METODOLOGIA ATIVA: IMPACTOS NO ENGAJAMENTO
ACADÊMICO**
- Caroline Cordova Bicudo da Costa (Ibmec)
Rafael Vieira Caichiolo (Ibmec)
Anna Carolina Mendonça Lemos Ribeiro (Universidade de Brasília)
Letícia Salazar Serra (Universidade de Brasília)
Wilson Cruz Neto (Ibmec)

- 191** **DOIS FUNDOS, UMA FLORESTA: CONVERGÊNCIA ESTRATÉGICA OU DISPUTA DE RUMOS?**
João Gabriel de Araujo Oliveira
Camila Ramos de Amorim
Vitória Altfuldisck Soares
- 208** **THE CARBON MARKET IN BRAZIL: A MICROECONOMIC ANALYSIS OF THE EMISSIONS TRADING SYSTEM (ETS) AND ITS CHALLENGES**
Renan Videira Vieira
Maria Eugenia Carvalho
- 214** **ANÁLISE EMPÍRICA DO PODER DE MERCADO AUTOMOBILÍSTICO BRASILEIRO E SUAS FLUTUAÇÕES DERIVADAS DA CRISE COM RELAÇÃO AO SETOR EXTERNO: 2008 A 2015.**
João Gabriel de Araujo Oliveira
Camila Ramos de Amorim
Vitória Altfuldisck Soares
Giovanna Roncato Marques de Castro
- 229** **DETECÇÃO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO BASEADA EM VISÃO COMPUTACIONAL COM MÍNIMA INTERVENÇÃO HUMANA**
Caio de Souza de Medeiros e Rigel P. Fernandes
- 236** **A LATINIDADE NAS TELAS: ANÁLISE SEMIÓTICA DO FILME “ENCANTO”, DA DISNEY**
Giulia Barros Parisi
Luciana da Cunha e Souza
- 245** **VISION-BASED FATIGUE DETECTION USING A SMARTPHONE**
Hudson Assumpção,
Rigel P. Fernandes,
Anna Beatriz Nunes Barbosa,
Pedro Henrique Portugal Gusman
- 252** **“CRONOLOGIA CARTOGRAFADA”: UM PROCESSO DE PESQUISA EM HUMANIDADES DIGITAIS**
Roberta de Freitas Monteiro

262 O OUTONO JURÍDICO DA IDADE MÉDIA E A ROTEIRIZAÇÃO REPLICADA DE SEU MODELO NA ATUALIDADE

Isabelle Carvalho Alves

265 A VOLKSGEMEINSCHAFT COMO FUNDAMENTO FILOSÓFICO-JURÍDICO DO ESTADO NAZISTA: EXCLUSÃO, COLETIVISMO E DISSOLUÇÃO DO SUJEITO DE DIREITOS

Lucas Steffens Ferreira dos Santos

269 A HORIZONTALIZAÇÃO DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS NAS RELAÇÕES CONTRATUAIS ENTRE PLANOS DE SAÚDE E CONSUMIDORES: DESAFIOS E CONCRETIZAÇÃO DO DIREITO À SAÚDE

Maloni Cuerci Ribeiro

273 A CRIMINALIZAÇÃO DA LGBTFOBIA PELO STF: IMPACTOS JURÍDICOS E SOCIAIS DA ADO 26 E DO MI 4733 NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS E DAS TEORIAS CRÍTICAS DA JUSTIÇA SOCIAL

Maria Eduarda Santos Velinças

277 CHOQUES GEOPOLÍTICOS E PANDÊMICOS NO PROCESSO DE CONVERGÊNCIA DE RENDA GLOBAL

Pedro Possik Salamene Regalado,
Camila Melo
Victor Feliciano

281 SEGURANÇA PÚBLICA E O USO DE RECONHECIMENTO FACIAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: PERSPECTIVAS E MARCOS LEGISLATIVOS

Amanda Beatriz Colares Lessa

291 A ERA DOS DEEPFAKES: EXPLORANDO A REGULAMENTAÇÃO E OS IMPACTOS NA VIDA PÚBLICA E PRIVADA

Carolina Sampaio Ribeiro Queiroz

**301 ORGANIZAÇÃO JURÍDICA DE COMUNIDADES
EXTRATIVISTAS SERINGUEIRAS PARA PARTICIPAÇÃO NO
MERCADO DE CARBONO VOLUNTÁRIO**

Guilherme Fabbriziani Borges

**314 A PERICULOSIDADE COMO INSTRUMENTO DE
ESTIGMATIZAÇÃO DOS PORTADORES DE DOENÇA
MENTAL NO BRASIL**

Gustavo Pompeu

Leonora Roizen Albek Oliven

**325 A DIALÉTICA DA INCONCLUSÃO: A DIMENSÃO JURÍDICO-
POLÍTICA DA FORMAÇÃO CIDADÃ NO BRASIL ENTRE O
ARCAÍSMO E A MODERNIDADE**

Júlia Bahri

Getúlio Nascimento Braga Júnior

335 NEGÓCIOS, SEGURANÇA PÚBLICA E TECNOLOGIAS

Rafael Silva de Oliveira

**342 REFORMA TRIBUTÁRIA DO CONSUMO: IMPACTO NO
FEDERALISMO FISCAL E NA JUSTIÇA TRIBUTÁRIA**

Andrieli Carneiro

**347 CIDADES RESILIENTES E O IMPACTO DA REVOLUÇÃO
INDUSTRIAL: PERSPECTIVAS AMBIENTAIS E
TECNOLÓGICAS NO CONTEXTO DO RIO DE JANEIRO**

Eduarda de Araújo Castro Demori Gomes

**351 POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE: A
REPARTIÇÃO DE COMPETÊNCIAS ENTRE O PÚBLICO E O
PRIVADO**

Elara Azevedo Esteves

**354 DESAFIOS E DESENVOLVIMENTO ENTRE NEGÓCIOS E
SERVIÇOS: A PRESERVAÇÃO DO ESPAÇO URBANO NO
DIÁLOGO ENTRE O ESTADO DE DIREITO E A SOCIEDADE
CIVIL**

Júlia Bahri

359 IMPOSTO DE RENDA: UMA ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS DO SISTEMA TRIBUTÁRIO BRASILEIRO NA DESIGUALDADE DE GÊNERO

Nathany Rocha Paranhos

363 A REGULAÇÃO DO HIDROGÊNIO NO BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS JURÍDICAS NA CONSOLIDAÇÃO DO NOVO MERCADO

Thainá Souza de Abreu

370 CONSIDERAÇÕES DA POSIÇÃO DOS TRIBUNAIS SUPERIORES EM RELAÇÃO ÀS GARANTIAS FIDUCIÁRIAS: TEMAS 1266/STJ, 1158/STJ E 1153/STF

Professor Orientador: Dr. Luiz Dellore

Aluno: Violeta Salemi

379 VARIAÇÃO LINGUÍSTICA NO PORTUGUÊS BRASILEIRO: DESAFIOS E IMPACTOS NO DESEMPENHO DE MODELOS DE LINGUAGEM DE GRANDE ESCALA (LLMS)

Maria Alice Brito Nazare

Floriano Ferreira dos Reis Filho

388 SEN, RAWLS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS: A TEORIA DA ABORDAGEM DAS CAPACIDADES E A JUSTIÇA GLOBAL EM RELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO INTERNACIONAL

Henrique Miracca Lima e Silva

Prof. Dr. Pietro Carlos de Souza Rodrigues

395 EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA DE CAPITAL DOS ATIVOS DE ENERGIA DESDE A PRIVATIZAÇÃO NO BRASIL

João Francisco Reghini Barbosa

George André Willrich Sales

405 DEEPPAKES E AUTENTICIDADE DA INFORMAÇÃO

Lucas Ken Kuniyoshi

Ronaldo Barbosa

413 MONETARY THEORY AND INFLATION

Felipe Figueiró Tavares Carvalho

Francisco Carlos

425

**COMO A COMPLEXIDADE DO SISTEMA TRIBUTÁRIO
BRASILEIRO ABALA A PRODUTIVIDADE DO SETOR
PRIVADO E CONTRAI O INVESTIMENTO PRODUTIVO NO
PAÍS**

Luiza Arantes Gonçalves

Prof. Pedro Augusto Godeguez da Silva

436

**DESAFIOS PARA A GESTÃO DE RISCOS DA CADEIA DE
SUPRIMENTOS FARMACÊUTICA: GÊMEOS DIGITAIS SÃO
UMA SOLUÇÃO?**

Victoria Ferro Freitas

Alexandre de Vicente Bittar

Relações Internacionais

A ARQUITETURA MODERNISTA ORDINÁRIA: ESTUDO DE CASO – BAIRRO FUNCIONÁRIOS EM BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS

Marcia Cavalieri^[1]

Marcella Barão^[2]

Resumo

O movimento modernista na arquitetura brasileira transformou significativamente a forma de conceber as edificações e o espaço urbano, introduzindo princípios como: funcionalidade, integração com a natureza e racionalidade estrutural. Embora seja reconhecido por obras icônicas de arquitetos como Oscar Niemeyer e Lúcio Costa, o modernismo se manifestou igualmente em construções do cotidiano, denominadas aqui como “arquitetura modernista ordinária”. Este artigo analisa a presença e o valor dessas edificações menos visíveis no contexto urbano de Belo Horizonte, com foco no bairro Funcionários, que abriga uma série de prédios residenciais construídos entre as décadas de 1960 e 1980. Por meio da metodologia qualitativo-descritiva, foram estudados cinco edifícios com características modernistas, destacando elementos como: brises, azulejos, planta livre, e a relação entre os espaços privados e públicos. Essas construções refletem a adaptação local dos princípios do modernismo, promovendo conforto ambiental e interação social – características fundamentais para a qualidade de vida urbana. Entretanto, a ausência de proteção patrimonial torna esses prédios suscetíveis às intervenções impulsionadas por especulações imobiliárias que podem descaracterizá-los ou levá-los à demolição. Nesse sentido, a falta de diretrizes governamentais específicas para sua preservação coloca em risco esse importante segmento do patrimônio cultural da cidade, que representa a história urbana e social das décadas passadas. Assim, este estudo defende a ampliação do conceito de patrimônio cultural para incluir não apenas as obras monumentais, mas também as edificações comuns que compõem o tecido urbano e a identidade cultural de Belo Horizonte, essenciais para a memória coletiva e para a continuidade de uma arquitetura que dialoga com a cultura local e com as necessidades sociais.

Palavras-chave

Arquitetura Modernista, Arquitetura ordinária, Modernismo Brasileiro

[1] Marcia Maria Cavalieri, docente e coordenadora do Projeto de Pesquisa ArqHabitat do curso de Arquitetura e Urbanismo IBMEC. marciamcavalieri@gmail.com

[2] Marcella Barão, ex discente e participante do Projeto de Pesquisa ArqHabitat do curso de Arquitetura e Urbanismo IBMEC. marcellambarao@gmail.com

Introdução

O movimento modernista, surgido no início do século XX, representou uma ruptura radical com os estilos arquitetônicos tradicionais, estabelecendo novas formas de projetar a arquitetura e o espaço urbano. No Brasil, esse movimento encontrou terreno fértil, especialmente a partir da década de 1930, quando passou a incorporar elementos do clima tropical, da cultura local e das demandas sociais. Apesar da consagração de grandes obras e autores no imaginário nacional — como Oscar Niemeyer, Lina Bo Bardi e Lúcio Costa —, parte significativa da arquitetura modernista brasileira foi construída de forma anônima, compondo o que se denomina “arquitetura modernista ordinária”.

Este artigo tem como objetivo investigar a ocorrência da arquitetura modernista residencial no bairro Funcionários, na cidade de Belo Horizonte. Através da análise de cinco edificações residenciais construídas entre as décadas de 1960 e 1980, busca-se compreender como os princípios do modernismo foram apropriados no cotidiano urbano e como essas edificações participam na construção da identidade cultural da cidade. Além disso, discute-se a ausência de políticas públicas voltadas à preservação destes edifícios e os riscos associados à especulação imobiliária. Como aponta Abreu (2004), “a ausência de reconhecimento institucional faz com que expressivos conjuntos arquitetônicos modernos desapareçam sem deixar vestígios”.

Referencial Teórico

A arquitetura modernista se estruturou com base em alguns princípios fundamentais estabelecidos a partir do ideário de Le Corbusier, Walter Gropius e outros expoentes do movimento moderno. Frampton (2003) resume esses princípios em cinco tópicos essenciais: a planta livre, a fachada livre, os pilotis, a janela em fita e o terraço jardim. Esses elementos eram não apenas estéticos, mas diretamente relacionados a uma nova forma de habitar e organizar o espaço urbano.

No Brasil, esses fundamentos foram adaptados ao contexto local, resultando em uma linguagem própria. Para Bruand (2008), a arquitetura moderna brasileira foi marcada por uma “interpretação criativa do racionalismo europeu, profundamente influenciada pela cultura e pelo ambiente tropical”.

Já o conceito de “arquitetura ordinária” refere-se a edifícios que, apesar de não serem considerados obras de destaque, representam a vida urbana de maneira significativa. Segundo Maria Clementina da Cunha (2016), “é nesse espaço ordinário que a experiência cotidiana se realiza, e é também aí que se encontram os verdadeiros registros da modernidade vivida”.

Nesse sentido, o estudo da arquitetura modernista ordinária oferece a possibilidade de ampliar o campo de análise para além das obras consagradas, contribuindo para uma compreensão mais completa da história urbana e arquitetônica do país, como também no caso da cidade de Belo Horizonte.

Belo Horizonte, planejada no final do século XIX para ser uma capital moderna, teve desde sua origem uma relação estreita com as ideias de progresso e inovação urbana. O traçado ortogonal e os primeiros edifícios públicos da cidade já apresentavam preocupações modernizadoras. No entanto, foi entre as décadas de 1940 e 1970 que o modernismo arquitetônico se consolidou como linguagem predominante. Nessa fase, importantes arquitetos como Oscar Niemeyer, Sylvio de Vasconcellos e Milton Ramos deixaram sua marca na cidade. O complexo da Pampulha, projetado em 1940 por Niemeyer, foi o marco simbólico dessa modernidade. Contudo, como pontua Villaça (1998), “a modernização

urbana em Belo Horizonte não se restringiu aos grandes projetos. Ela penetrou de maneira difusa nos bairros, nas ruas secundárias e nas edificações do cotidiano”.

O bairro Funcionários foi uma das primeiras áreas residenciais planejadas de Belo Horizonte, abrigando inicialmente funcionários públicos e famílias de classe média. Ao longo das décadas, passou pelo processo de verticalização que coincidiu com a ascensão do modernismo como linguagem dominante. As edificações construídas nesse período refletem as transformações urbanas e culturais da capital.

Segundo levantamento da Prefeitura de Belo Horizonte (2020), há no bairro uma grande concentração de edifícios residenciais com características modernistas, muitos dos quais estão hoje ameaçados por intervenções ou demolições, em função da especulação imobiliária e da falta de reconhecimento patrimonial.

Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho é de caráter qualitativo-descritivo, com foco na análise arquitetônica, urbana e simbólica de cinco edificações localizadas no bairro Funcionários. Os critérios de seleção incluíram: (i) período de construção entre 1960 e 1980; (ii) ter até oito pavimentos; (iii) presença de elementos formais do modernismo (pilotis, brises, janelas horizontais, azulejos, planta livre); e (iv) ausência de tombamento ou proteção oficial.

As informações foram obtidas por meio de levantamento de campo, análise documental, entrevistas com moradores e consulta a registros da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. A pesquisa analisou quatro edifícios. São eles:

1. Edifício Thereza Giannetti (Rua Ceará, 943): É o único do conjunto analisado que se encontra em processo de tombamento. Destacam-se os brises horizontais, os azulejos decorativos e a organização dos apartamentos com amplas janelas e boa ventilação. O prédio faz parte de um conjunto com o Edifício Orestes Giannetti, cuja fachada já foi parcialmente descaracterizada.
2. Edifício Andrômeda (Rua Ceará, 1015): Apresenta um térreo permeável, com recuo em relação à rua e área de convivência semiaberta, promovendo uma transição fluida entre espaço público e privado — solução típica do modernismo. Além disso, os apartamentos possuem janelas amplas e boa relação entre planta e orientação solar.
3. Edifício Evaristo de Lima (Rua dos Aimorés, 346): Evidencia a racionalidade da planta modernista: os ambientes são bem distribuídos, com circulação vertical eficiente e boas condições ambientais. A fachada é discreta, mas mantém a elegância dos volumes puros e das aberturas horizontais.
4. Edifício San Nicola (Rua dos Aimorés, 351): Projetado por Raul de Lagos Cirne. Carrega elementos do tardo-modernismo e possui unidade tipológica clara. A fachada alterna painéis opacos e transparentes, e a organização interna dos apartamentos prioriza conforto ambiental e aproveitamento de luz natural.

Resultados Esperados

As quatro edificações analisadas revelam uma arquitetura comprometida com o conforto, a racionalidade espacial e a estética moderna. No entanto, sua ausência nos inventários oficiais de patrimônio urbano indica um vácuo institucional na preservação da arquitetura ordinária. Como aponta Bonduki (2012), “o valor cultural da arquitetura não está apenas em sua monumentalidade, mas também na sua capacidade de representar a experiência social de um tempo”.

O apagamento dessas obras é também o apagamento de uma forma de vida urbana, que valorizava o espaço comum, o térreo permeável, a integração entre vizinhos e a qualidade ambiental — elementos cada vez mais ausentes nos empreendimentos residenciais contemporâneos.

Considerações Finais

O modernismo em Belo Horizonte não se limitou às obras emblemáticas de Niemeyer ou ao plano diretor da cidade. Ele se fez presente no cotidiano, nos bairros, nos edifícios residenciais comuns, que hoje se encontram ameaçados por uma lógica de valorização mercadológica do solo urbano. A arquitetura modernista ordinária, embora marginalizada, é parte fundamental da identidade da cidade e da memória urbana.

É urgente repensar os critérios de preservação e ampliar o conceito de patrimônio cultural para incluir essas manifestações. Como propõe Abreu (2004, p. 74), “o patrimônio precisa ser entendido como processo cultural e social em constante transformação — não como uma coleção de obras excepcionais”.

REFERÊNCIAS

ABREU, Maurício de Almeida. *A modernidade inacabada: cidade, arquitetura e patrimônio cultural*. Rio de Janeiro: IPHAN, 2004.

BONDUKI, Nabil. *Arquitetura e habitação social no Brasil*. São Paulo: Estação Liberdade, 2012.

BRUAND, Yves. *Arquitetura contemporânea no Brasil*. São Paulo: Perspectiva, 2008.

CUNHA, Maria Clementina Pereira da. *Arquitetura modernista em contextos regionais: o caso do Nordeste brasileiro*. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 2016, São Paulo. São Paulo: ANPUR, 2016.

FRAMPTON, Kenneth. *História crítica da arquitetura moderna*. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. *Inventário do Patrimônio Cultural Moderno – Bairro Funcionários*. Belo Horizonte: Diretoria de Patrimônio Cultural, 2020.

VILLAÇA, Flávio. *Espaço intraurbano no Brasil*. São Paulo: Studio Nobel, 1998.

CICLOS ECONÔMICOS: UM ENSAIO COM VARS BAYESIANOS

Gustavo Peixoto Menezes^[1]

Luiz Carlos Day Gama^[2]

Resumo

Como analisar os determinantes do ciclo econômico numa economia marcada por diversos choques exógenos e pequena amostragem temporal? Visando responder tal pergunta, este trabalho aplica o procedimento de um VAR bayesiano para o Brasil entre o 3T2000 e 1T2025 que identifica diversos canais de transmissão através de *zero-restrictions* numa pequena economia aberta. A estimação evidencia a flexibilidade da Priori de Minnesota para lidar com a presença de raízes unitárias nas séries de dados utilizadas, além de estimar mais de 70 parâmetros numa amostra com menos de 100 trimestres que resultou tanto em impulsos-resposta amplamente coerentes com a literatura macroeconômica quanto em intervalos de confiança de formato adequado. Finalmente, a decomposição histórica do modelo indica como a importância dos fatores domésticos e externos influenciou a trajetória do PIB, inflação, juros e crédito no Brasil ao longo dos últimos 25 anos, abrindo um caminho para a identificação de choques específicos por meio de restrições de sinal numa futura investigação.

Palavras-chave

VAR, bayesiano, macroeconomia, econometria, Brasil

Abstract

How to analyze the business cycle determinants in an economy punctuated by several exogenous shocks amid small samples? Pursuing the answer to said question, this paper applies the procedure of a Bayesian VAR to Brazil between Q3 2000 and Q1 2025 that identifies several transmission channels through zero-restrictions in the setup of a Small Open Economy (SOE). The estimation evidences the flexibility of the Minnesota Prior to deal with the presence of unit roots in time series, besides estimating more than 70 parameters in a time sample covering less than 100 quarters that resulted both in impulse-responses generally coherent with the macroeconomic literature, as well as in confidence intervals with adequate shape. Finally, the historical decomposition of the model indicates the importance of domestic and external factors to determine the trajectory of GDP, inflation, interest rates and credit in Brazil over the last 25 years, paving the way for the identification of specific shocks through sign-restrictions in a future investigation.

Keywords

VAR, Bayesian, macroeconomics, econometrics, Brazil

[1] Bacharel em Ciências Econômicas pelo Ibmec-MG. E-mail: gustavopeixotom@gmail.com

[2] Doutor em Economia. Professor Titular I no Ibmec-BH. E-mail: luiz.gama@professores.ibmec.edu.br

1. Introdução

Como analisar o impacto de eventos específicos no ambiente macroeconômico? A compreensão dos efeitos de choques macroeconômicos sobre variáveis agregadas como produto, inflação e taxa de juros é uma questão central na formulação e avaliação de políticas econômicas. Em um ambiente caracterizado por incertezas e frequentes oscilações – como crises financeiras, mudanças abruptas na política monetária ou choques externos – torna-se essencial entender como esses eventos afetam o comportamento da economia. Essa tarefa, no entanto, está longe de ser trivial, envolvendo desafios metodológicos importantes relacionados à identificação dos choques, à modelagem das séries temporais e à escolha do horizonte de análise. Tais dificuldades impulsionam um vasto campo de pesquisa voltado à construção de ferramentas capazes de medir e interpretar esses efeitos de forma robusta.

A relevância do tema é particularmente acentuada no contexto brasileiro, cuja trajetória recente inclui episódios de choques severos – como a crise de 2015–2016, a pandemia de COVID-19 e os diversos ciclos de aperto e afrouxamento monetário. A análise sistemática dos impactos desses eventos, com o suporte de modelos empíricos bem fundamentados, contribui não apenas para o debate acadêmico, mas também para decisões de política pública e estratégias de agentes econômicos. Nesse sentido, o uso de modelos vetoriais autoregressivos (VARs) emerge como uma abordagem particularmente promissora, dada sua flexibilidade na análise de interações dinâmicas entre variáveis macroeconômicas.

A literatura macroeconômica oferece contribuições relevantes para esse campo, destacando-se os trabalhos seminais de Sims (1980), Doan-Litterman-Sims (1984) e Uhlig (2005), que popularizaram o uso de VARs e introduziram métodos de identificação para além da versão reduzida, como a decomposição de Cholesky e a restrição de sinais. Essas técnicas permitem estimar resultados como as funções impulso-resposta, a decomposição de variância e a decomposição histórica que capturam, de forma interpretável, os efeitos dinâmicos de choques sobre as variáveis macroeconômicas.

Este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento das principais variáveis macroeconômicas características de uma pequena economia aberta para o período entre o terceiro trimestre de 2000 até o primeiro trimestre de 2025 no Brasil, abrangendo quase a totalidade do Regime de Metas, por meio da aplicação de um VAR bayesiano com a imposição de restrições estruturais e autorregressivas. Por conta do método de estimação, permite-se também utilizar as variáveis em nível, sem transformações (como a variação trimestral) que poderiam introduzir viés na estimação ao remover informação sobre a série temporal.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a revisão de literatura, abrangendo o tópico de estudo bem como uma revisão histórica do modelo utilizado e sua estimação; o Capítulo 3 aborda as bases de dados utilizadas bem como a metodologia empregada para a reprodução dos resultados, sendo estes apresentados no Capítulo 4 e discutidos no Capítulo 5, com desfecho via conclusões no Capítulo 6 e referências nos Capítulos 7 e 8 respectivamente.

2. Revisão de Literatura

2.1. Ciclos Econômicos

Sendo um fenômeno recorrente e pervasivo nas economias ao redor do mundo, os ciclos econômicos constituem variações transitórias de atividade econômica ao longo de uma determinada tendência e podem gerar custos relevantes de bem-estar para as firmas, famílias e governos. A importância do estudo dos ciclos ganha relevância ao se

compreender que os custos, potencialmente relevantes, ainda são substancialmente incertos conforme estimativas da literatura, que variam desde 0,04% (Lucas, 1987) até 25% (Van Wincoop, 1994) da renda nacional e são altamente dependentes do tratamento dado para as preferências dos agentes na economia.

Revisitando os fatos estilizados dos ciclos econômicos, conforme Uribe & Schmitt-Grohé (2017), compreende-se adicionalmente que estes fenômenos são particularmente importantes em economias emergentes, que são mais voláteis (razão de desvio padrão 2,6x maior), mais persistentes (autocorrelação anual de 0,87 vs. 0,76) e contam com governos menos anti-cíclicos (correlação entre g e y de -0,08 vs. -0,39) quando comparados com as economias avançadas. Depreende-se, assim, que o estudo destes fenômenos é pertinente no caso brasileiro por conta dos maiores ganhos de eficiência que podem ser proporcionados ao otimizar as respostas das autoridades fiscal e monetária, podendo inclusive gerar benefícios de segunda ordem para assuntos do interesse de cientistas sociais e empresas, como a estabilidade política ou o risco de falência de negócios que surgem do impacto proporcionado, por exemplo, por quebras de safra, guerras ou pandemias – algumas surpresas que têm tido impacto econômico relevante nos últimos anos.

Neste sentido, o ramo da Macroeconomia busca situar a causa, consequência e ocasionalmente solução destas surpresas – denominadas choques exógenos – por meio de narrativas desde, pelo menos, a “Teoria Geral do Emprego e Moeda” (Keynes, 1936) que popularizou analogias simples com o histórico de eventos passados, ou mesmo de identidades contábeis.

Porém, como foi posteriormente demonstrado em *“Econometric policy evaluation: A critique”* (Lucas, 1976), um sistema econômico qualquer é populado por agentes auto-interessados que se sujeitam a alterações de comportamento conforme as condições econômicas mudam. As implicações dessa provocação sugerem que um ferramental que não se dedica a analisar as relações econômicas passadas num contexto de simultaneidade não é robusto para analisar eventos futuros, como foi visto na tentativa de ajustes da política monetária americana durante a mesma década de publicação do artigo. Ainda em período similar, Granger (1969) apresentou meios quantitativos para a identificação de causalidade entre múltiplas séries temporais, impondo mais rigor na fronteira da análise de ciclos econômicos.

Com os trabalhos de Lucas e Granger sendo elaborados subsequentemente por Kydland & Prescott (1982) e Sims (1980) que implementaram, respectivamente, os modelos de Ciclos Reais de Negócios (RBC) e Vetor Autoregressivo (VAR), instaurou-se uma revolução metodológica no campo da Macroeconomia, ainda em curso atualmente com os modelos Dinâmicos Estocásticos de Equilíbrio Geral (DSGE), que permitiu à área um ganho gradual na capacidade de fundamentação das histórias sobre as causas e consequências de choques econômicos.

2.2. Revisão dos modelos VAR

Conforme originalmente conceituado, o modelo de vetores autorregressivos é capaz de captar relações lineares entre componentes estocásticas que são relacionadas às suas instâncias passadas em determinado nível de defasagem, usualmente denominado p . Assim, a versão básica do VAR é generalizável para suas demais “famílias” e é capaz de capturar diversas análises de interesse no ramo da econometria de séries temporais, como as funções impulso-resposta, a decomposição de variância dos erros de previsão e o teste de causalidade de Granger.

Por outro lado, a flexibilidade da versão básica do VAR é um empecilho para análises mais avançadas, que usualmente incorporam conhecimento externo sobre o comportamento

do processo gerador de dados – por exemplo, acerca do não-impacto da política monetária de uma pequena economia aberta nas variáveis externas do modelo – e também acerca do comportamento dos resíduos do modelo, que podem possuir um ordenamento particular de endogeneidade dentro do sistema – por exemplo, sob a hipótese de que a autoridade monetária decide sua política somente após possuir todo o conjunto informacional pertinente daquele determinado período de observação. Visando moldar o modelo para estas análises, criou-se o SVAR que permite estratégias de identificação por meio da imposição das denominadas restrições de coeficientes no modelo, podendo elas ocorrerem tanto nos coeficientes autorregressivos quanto também nos coeficientes dos denominados erros estruturais, que são versões adaptadas dos resíduos originalmente estimados pelo modelo.

Finalmente, visando mitigar os problemas de *overfitting* que ocorrem usualmente num VAR genérico por conta do vasto espaço de parâmetros que deve ser estimado com base em amostras que são excessivamente pequenas – com cada década de dados representando apenas 40 amostras na frequência mais usual – foram criados métodos de estimação bayesianos que mais tarde se popularizaram com o desenvolvimento de técnicas mais eficientes e com a expansão do poder de processamento dos computadores, visto que a técnica bayesiana é menos computacionalmente tratável.

Em termos práticos, a estimação bayesiana é um caso mais expansivo da estimação frequentista (tradicional) ao permitir a imposição de conhecimento *a priori* sobre o comportamento dos parâmetros, que é então atualizado iterativamente conforme os dados do processo gerador são evidenciados para formar uma distribuição dos prováveis valores dos parâmetros, denominada *posteriori*. De fato, na ausência de conhecimento prévio sobre os parâmetros (*flat priors*) o método bayesiano oferece estimativas pontuais equivalentes ao método da máxima verossimilhança, ainda que seja menos eficiente para este fim.

Na macroeconomia aplicada, algumas *prioris* como a *Minnesota Prior* conceituada por Doan, Litterman & Sims (1984) no FRB-Minnesota tornaram-se padrão por refletirem regularidades empíricas no comportamento de séries temporais macroeconômicas, sendo esta em particular atrativa por refletir os seguintes preceitos:

1. A melhor previsão de um passo a frente para a maioria das variáveis é o valor mais recente da própria série;
2. Defasagens mais recentes da própria série usualmente contém mais informação do que defasagens mais antigas;
3. Defasagens da própria série usualmente contém mais informação do que defasagens de outras séries.

Assim, como pode-se perceber, uma implicação chave ao utilizar a *Minnesota Prior* é que o BVAR flexibiliza a necessidade de séries estacionárias encontrada num VAR frequentista, de modo que o pesquisador pode estimar o modelo com as séries em nível (ou logaritmo de nível) ao invés de efetuar transformações que podem resultar na perda de informação econômica, especialmente para séries que são teoricamente estacionárias mas que possuem autorregressão fraca o suficiente para não passarem nos testes de estacionariedade, fato já relatado por Cochrane (1991).

No caso deste artigo, a estimação do modelo utiliza o método de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) por meio do amostrador de Gibbs, que é em si um caso particular do algoritmo de Metropolis-Hastings, considerado seminal no campo da inferência bayesiana. Em termos gerais, a estimação por MCMC se propõe a encontrar o valor dos parâmetros livres por uma abordagem iterativa, onde se cria um encadeamento de amostras que se iniciam a partir da *priori* que gradativamente se aproximam da solução ótima conforme

o número de passos tomados ao longo do problema é incrementado. Porém, é possível que os encadeamentos sofram perturbações geradas por má-especificação das *prioris*, irregularidades nas séries temporais utilizadas ou caso as cadeias iniciem o processo de estimação numa região do espaço de parâmetros para a qual se percebe que há baixa probabilidade do “chute” corresponder ao valor verdadeiro do parâmetro. Visando mitigar o viés gerado por estes problemas, a estimação se inicia com a chamada “queima” de cadeias (*burn-in*) antes de proceder para a amostragem que computa as *posteriors* do modelo.

3. Metodologia

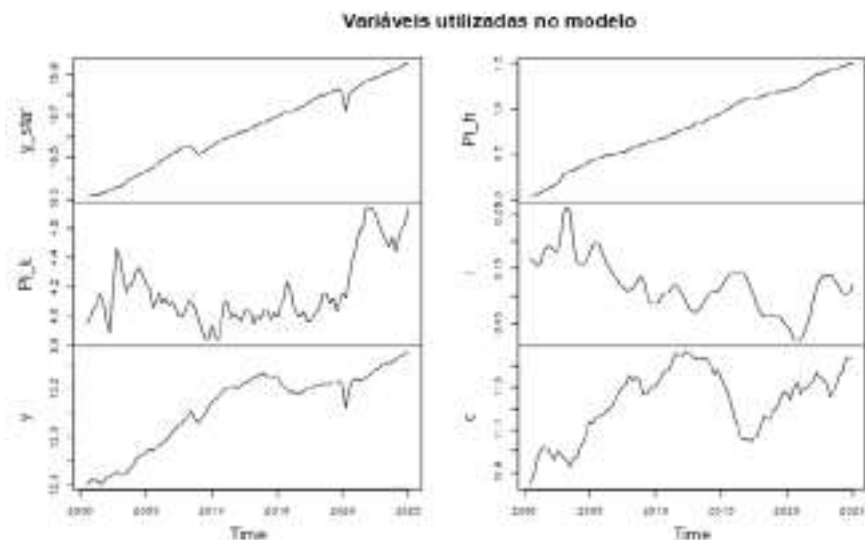
3.1. Descrição dos Dados

Para a realização do trabalho, foram utilizadas seis variáveis, sendo duas externas (y^* , Π_k) e quatro domésticas (y , Π_h , i , c):

Quadro 01 – Construção das variáveis utilizadas no trabalho

Variável	Metodologia	Fonte
y^*	PIB global a preços constantes. Entra como log de nível no modelo.	World Bank Global Economic Monitor Data
Π_k	Preço relativo de commodities relevantes à formação de preços brasileira, por meio do IC-Br deflacionado pelo núcleo de médias aparadas do IPCA. Entra como log de nível no modelo.	SGS (séries 27574, 4466)
y	PIB do Brasil a preços constantes. Entra como log de nível no modelo.	World Bank GEM Data. Também disponível no SGS (série 22109)
Π_h	Nível de preço da economia brasileira, por meio do IPCA “cheio”. Entra como log de nível no modelo.	SGS (série 433)
i	Taxa básica de juros da autoridade monetária, por meio da Selic. Entra como nível (em decimal) no modelo.	SGS (série 4189)
c	Concessão encadeada de crédito no Brasil, dessazonalizada com X13-ARIMA-SEATS, corrigida por quebras de série em estilo análogo ao empregado pelo BIS, e posteriormente deflacionada pelo IPCA “cheio”. Entra como log de nível no modelo.	SGS (séries 21277, 433)

Fonte: Elaboração do autor



Fonte: Banco Mundial, BCB, elaboração do autor.

3.2. Esquematização do Modelo Utilizado

Considere o seguinte sistema de equações utilizado para o trabalho, representando um VAR com defasagens e variáveis endógenas:

$$y_t^* = \mu_1 + \phi_{1,1}y_{t-1}^* + \phi_{1,2}\Pi_{k,t-1} + \phi_{1,3}y_{t-1} + \phi_{1,4}\Pi_{h,t-1} + \phi_{1,5}i_{t-1} + \phi_{1,6}c_{t-1} + \dots + \phi_{1,6*p}c_{t-p} + \epsilon_{y_t^*}$$

$$\Pi_{k,t} = \mu_1 + \phi_{2,1}y_{t-1}^* + \phi_{2,2}\Pi_{k,t-1} + \phi_{2,3}y_{t-1} + \phi_{2,4}\Pi_{h,t-1} + \phi_{2,5}i_{t-1} + \phi_{2,6}c_{t-1} + \dots + \phi_{2,6*p}c_{t-p} + \epsilon_{\Pi_{k,t}}$$

$$c_t = \mu_6 + \phi_{6,1}y_{t-1}^* + \phi_{6,2}\Pi_{k,t-1} + \phi_{6,3}y_{t-1} + \phi_{6,4}\Pi_{h,t-1} + \phi_{6,5}i_{t-1} + \phi_{6,6}c_{t-1} + \dots + \phi_{6,6*p}c_{t-p} + \epsilon_{c_t}$$

De tal forma que μ represente o intercepto de cada equação, ϕ represente o coeficiente autorregressivo de cada variável defasada e ϵ represente o termo de erro de cada equação.

Podemos expressar esse sistema de equações em forma reduzida como:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + A_d d_t + \epsilon_t$$

Onde A representa uma matriz dos coeficientes autorregressivos, Y é o vetor de variáveis endógenas, d é um vetor de constantes que possui o intercepto para cada equação (podendo abranger *dummies* adicionais) e ϵ é uma matriz com os coeficientes das respectivas constantes no sistema de equações.

Podemos reduzir ainda mais a expressão acima por meio de:

$$Y_t = AX_t + \epsilon_t$$

De tal forma que agora temos X_t e A , condensando o sistema de equações numa representação matricial que lembra, mas não é, uma regressão linear.

Buscando ortogonalizar o vetor de erros, adicionamos uma matriz estrutural de tal forma que ϵ , também expresso como $\epsilon = \Omega \epsilon^*$ onde Ω representa os denominados choques estruturais do VAR. Assim, para o exemplo deste artigo com variáveis endógenas, defasagens e constante, temos:

$$\begin{bmatrix} y_t^* \\ \Pi_{k,t} \\ y_t \\ \Pi_{h,t} \\ i_t \\ c_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{1,1} & \phi_{1,2} & \dots & \phi_{1,6} & \dots & \phi_{1,12} & \phi_{1,13} \\ \phi_{2,1} & \phi_{2,2} & & & & & \\ \vdots & & \ddots & & & & \\ \phi_{6,1} & \phi_{6,2} & \dots & \phi_{6,6} & \dots & \phi_{6,12} & \phi_{6,13} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_{t-1}^* \\ \Pi_{k,t-1} \\ y_{t-1} \\ \Pi_{h,t-1} \\ i_{t-1} \\ c_{t-1} \\ \vdots \\ c_{t-2} \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{y_t^*} \\ u_{\Pi_{k,t}} \\ u_{y_t} \\ u_{\Pi_{h,t}} \\ u_{i_t} \\ u_{c_t} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} u_{y_t^*} \\ u_{\Pi_{k,t}} \\ u_{y_t} \\ u_{\Pi_{h,t}} \\ u_{i_t} \\ u_{c_t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{1,1} & b_{1,2} & \dots & b_{1,6} \\ b_{2,1} & b_{2,2} & & & & \\ \vdots & & \ddots & & & \\ b_{6,1} & & & b_{6,6} & & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_{y_t^*} \\ e_{\Pi_{k,t}} \\ e_{y_t} \\ e_{\Pi_{h,t}} \\ e_{i_t} \\ e_{c_t} \end{bmatrix}$$

A partir daqui, podemos identificar o VAR por meio das restrições desejadas na matriz autorregressiva e na matriz estrutural de erros

$$A = \begin{bmatrix} \phi_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \phi_{1,13} \\ 0 & \phi_{2,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \phi_{2,13} \\ \phi_{3,1} & 0 & \phi_{3,3} & \phi_{3,4} & \phi_{3,5} & \phi_{3,6} & \dots & \phi_{3,13} \\ 0 & \phi_{4,2} & \phi_{4,3} & \phi_{4,4} & \phi_{4,5} & 0 & \dots & \phi_{4,13} \\ 0 & 0 & \phi_{5,2} & \phi_{5,4} & \phi_{5,5} & 0 & \dots & \phi_{5,13} \\ 0 & 0 & \phi_{6,3} & 0 & \phi_{6,5} & \phi_{6,6} & \dots & \phi_{6,13} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{2,1} & b_{2,2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{3,1} & 0 & b_{3,3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{4,2} & b_{4,3} & b_{4,4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{5,3} & b_{5,4} & b_{5,5} & 0 \\ 0 & 0 & b_{6,3} & 0 & b_{6,5} & b_{6,6} \end{bmatrix}$$

De tal maneira que as restrições em A garantem exogeneidade em bloco para as variáveis externas, além de impor, dentro do bloco doméstico, que (i) a dinâmica da inflação independe da concessão de crédito; (ii) a dinâmica da Selic independe da concessão de crédito; (iii) a dinâmica da concessão de crédito independe da inflação. Assim, temos $[\phi_{3,1} \quad \phi_{4,2}]$ representando o canal de transmissão externo para a economia doméstica, e $\phi_{3,6}$ representando o canal de transmissão do crédito para o resto da economia doméstica. As mesmas restrições feitas para o primeiro *lag* foram repetidas para o segundo lag, sem aplicar restrições na estimação dos interceptos que se localizam na coluna 13.

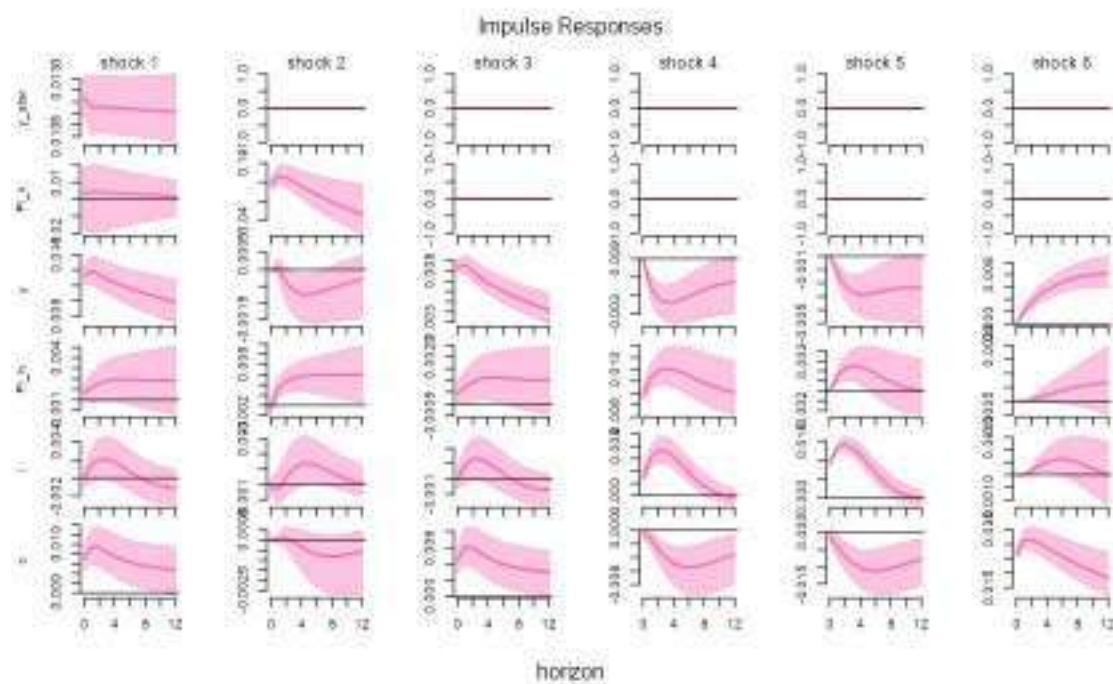
Enquanto isso, segue a decomposição de Cholesky com restrições adicionais: (i) variações inesperadas nas *commodities* não influenciam o choque estrutural do produto doméstico; (ii) variações inesperadas no PIB externo não influenciam o choque estrutural da inflação doméstica; (iii) variações inesperadas nas variáveis externas não influenciam o choque estrutural da Selic; (iv) variações inesperadas nas variáveis externas e na inflação doméstica não influenciam o choque estrutural da concessão de crédito. Assim, busca-se isolar os choques estruturais numa exogeneidade de bloco parecida com a imposta na matriz autorregressiva.

Finalmente, a estimação do modelo segue a abordagem descrita na seção 2.2 com ajuda do pacote *bsvars* desenvolvido por Wóznia (2025), utilizando 10000 amostras descartáveis no *burn-in* para o início das cadeias, cuja convergência é avaliada visualmente (na ausência de métodos mais formais à la Gelman & Rubin (1992)) antes de prosseguir para 50000 novas amostras, sendo estas utilizadas para os resultados do modelo.

4. Resultados

4.1. Funções impulso-resposta

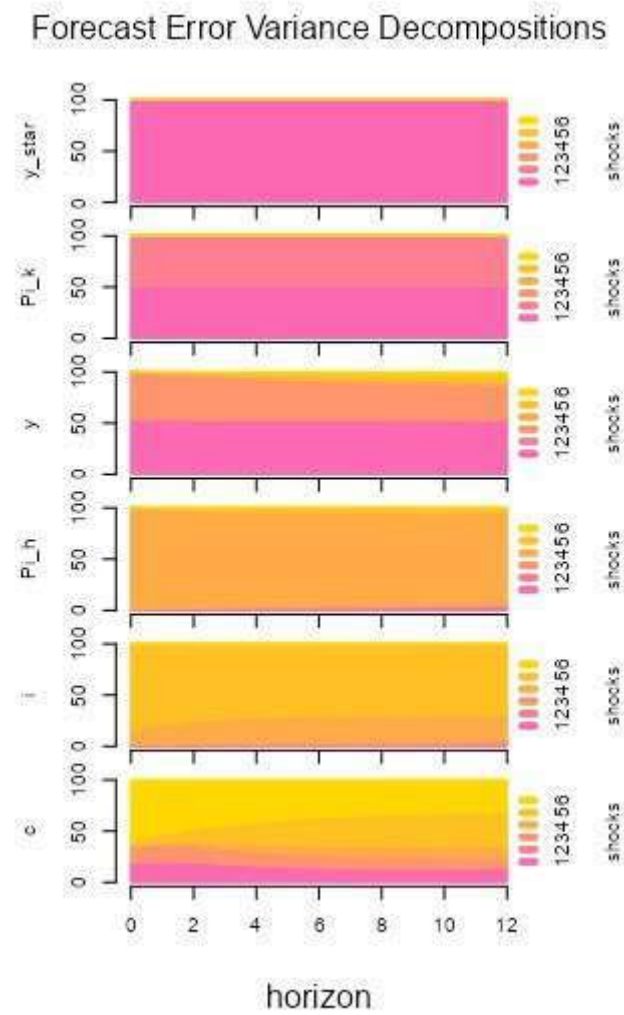
Gráfico 02 – Impulsos-resposta para o BVAR estimado



Fonte: Elaboração do autor

4.2. Decomposição da variância

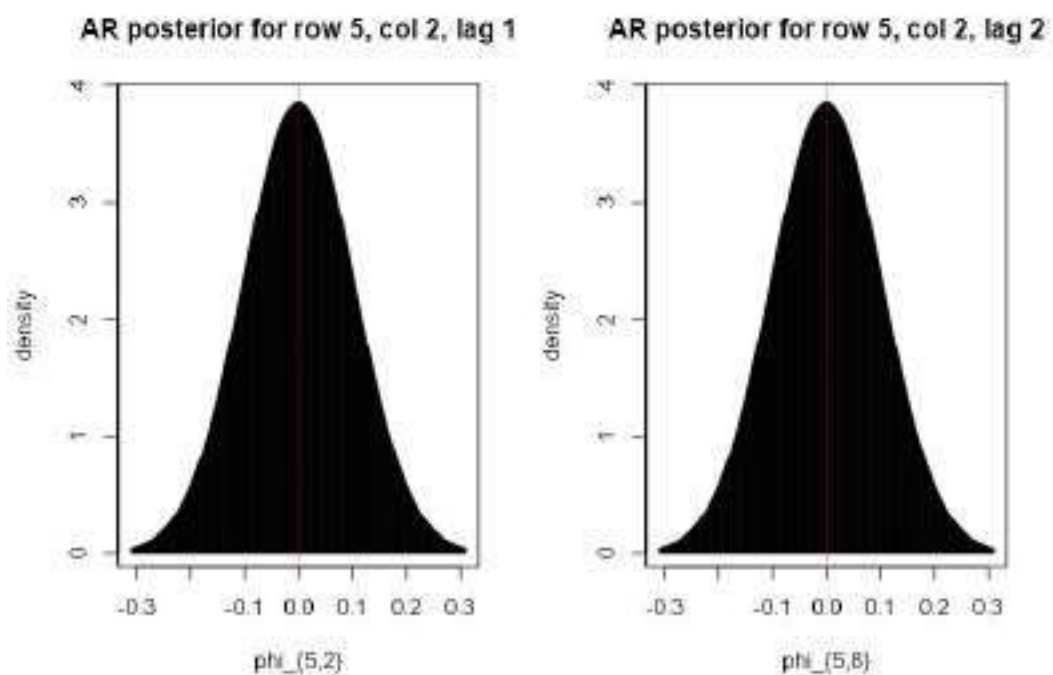
Gráfico 03 – Decomposição da variância para o BVAR estimado



Fonte: Elaboração do autor

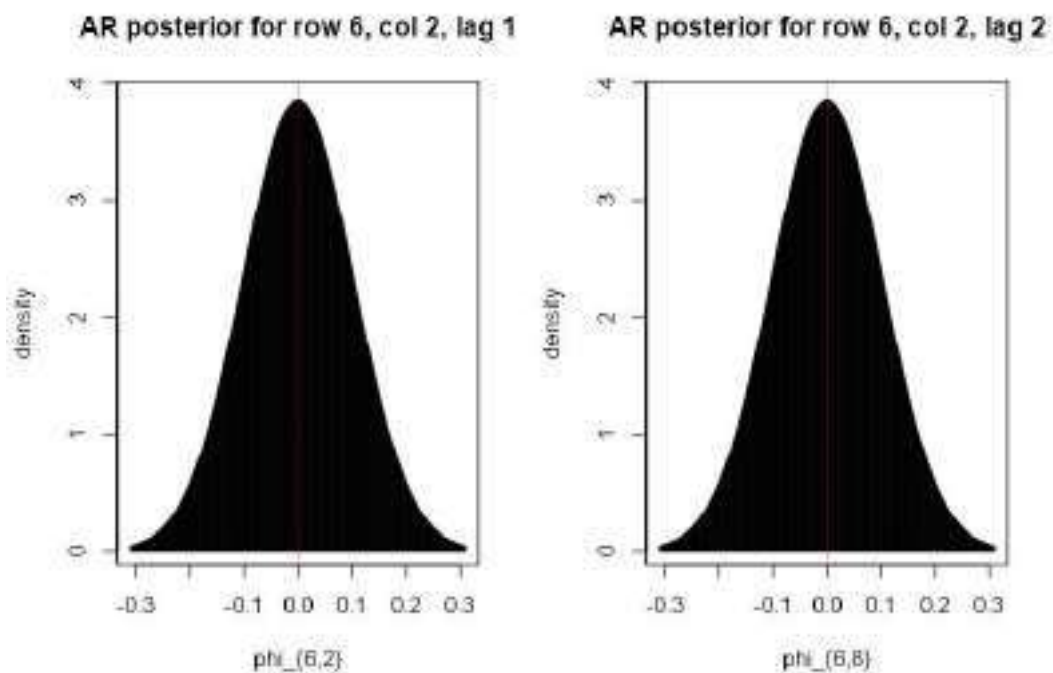
4.3. Densidade da *posteriori* para parâmetros autorregressivos de interesse

Gráfico 04 – *Posteriori* para os coeficientes $\Pi_k \rightarrow i$



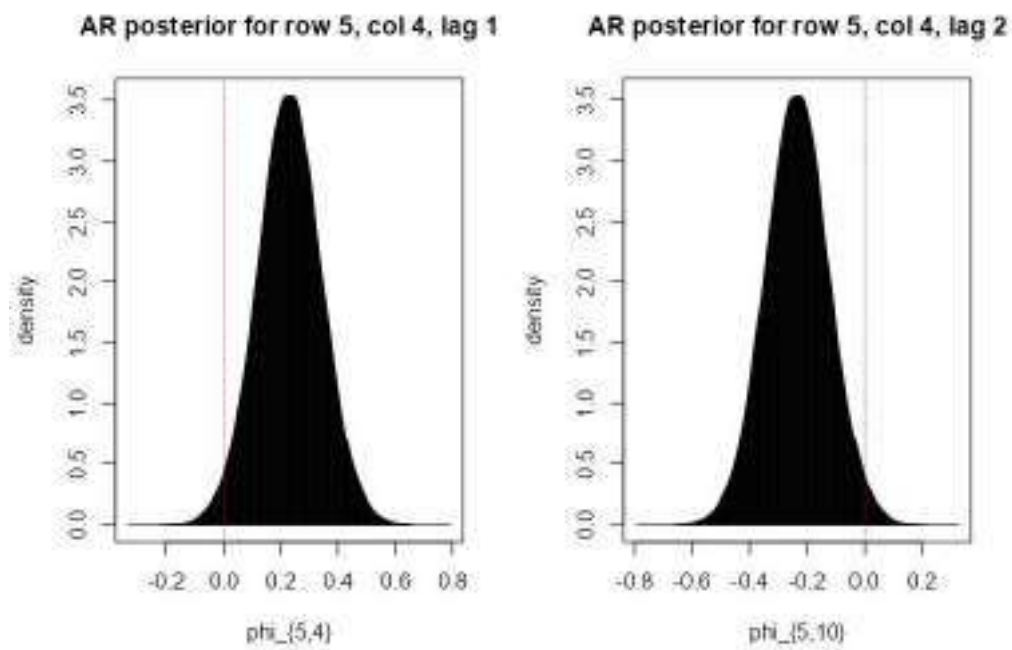
Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 05 – *Posteriori* para os coeficientes $\Pi_k \rightarrow c$



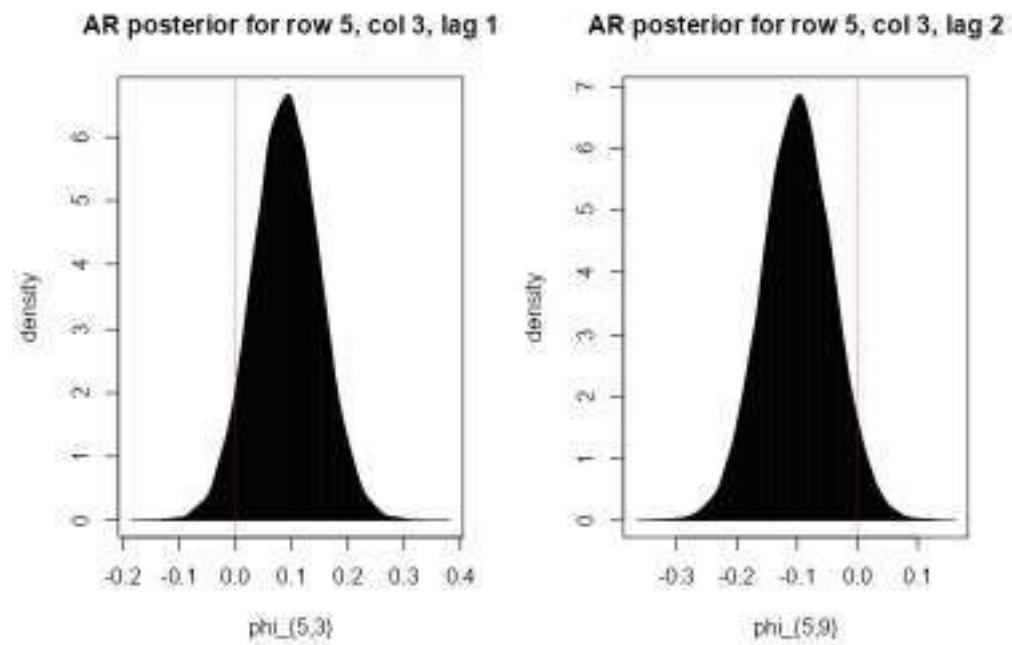
Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 06 – *Posteriori* para os coeficientes $\Pi_h \rightarrow i$



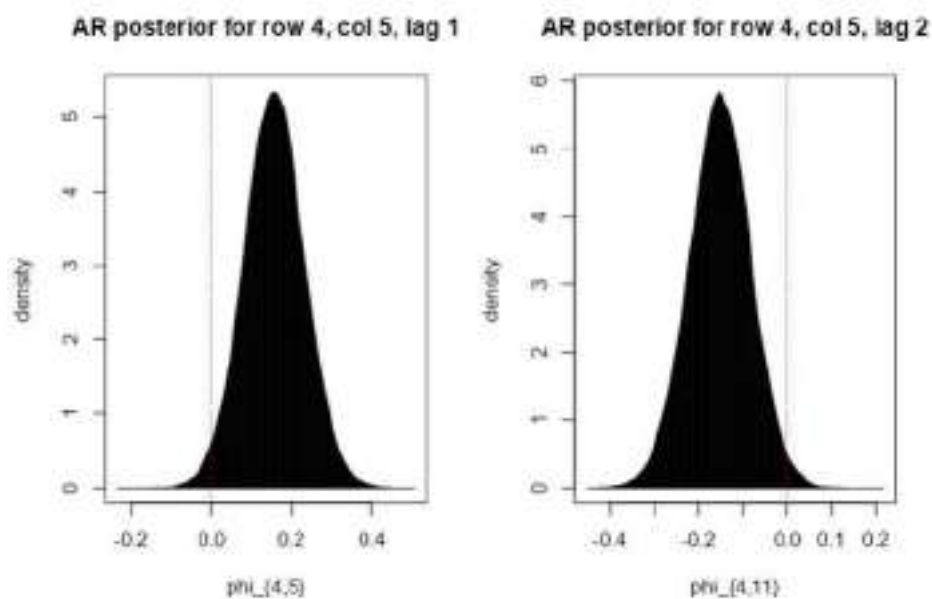
Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 07 – *Posteriori* para os coeficientes $\gamma \rightarrow i$



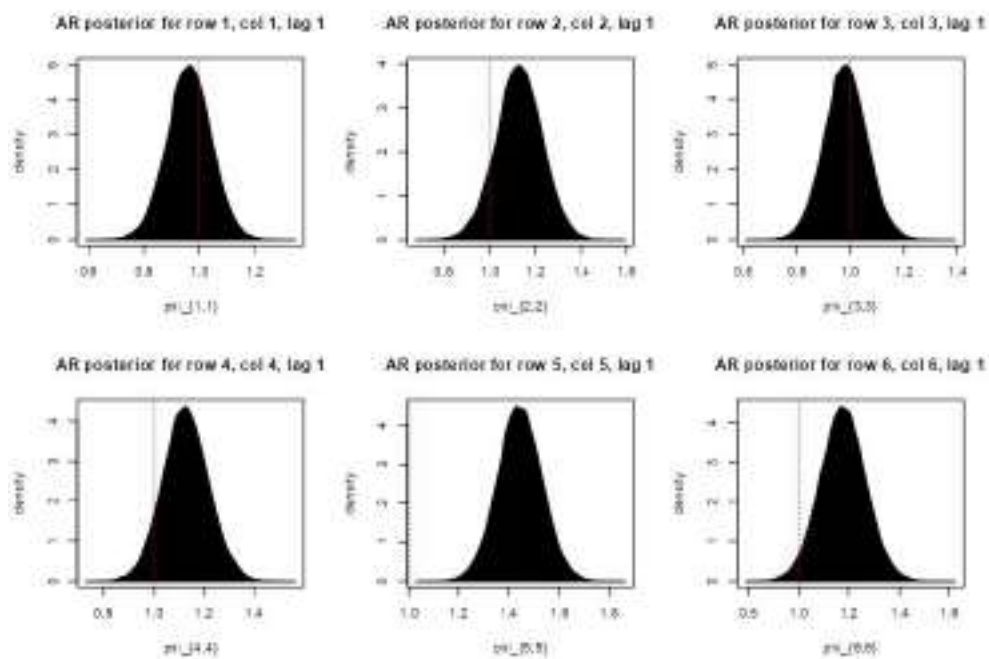
Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 08 – *Posteriori* para os coeficientes $i \rightarrow \Pi_i$



Fonte: Elaboração do autor

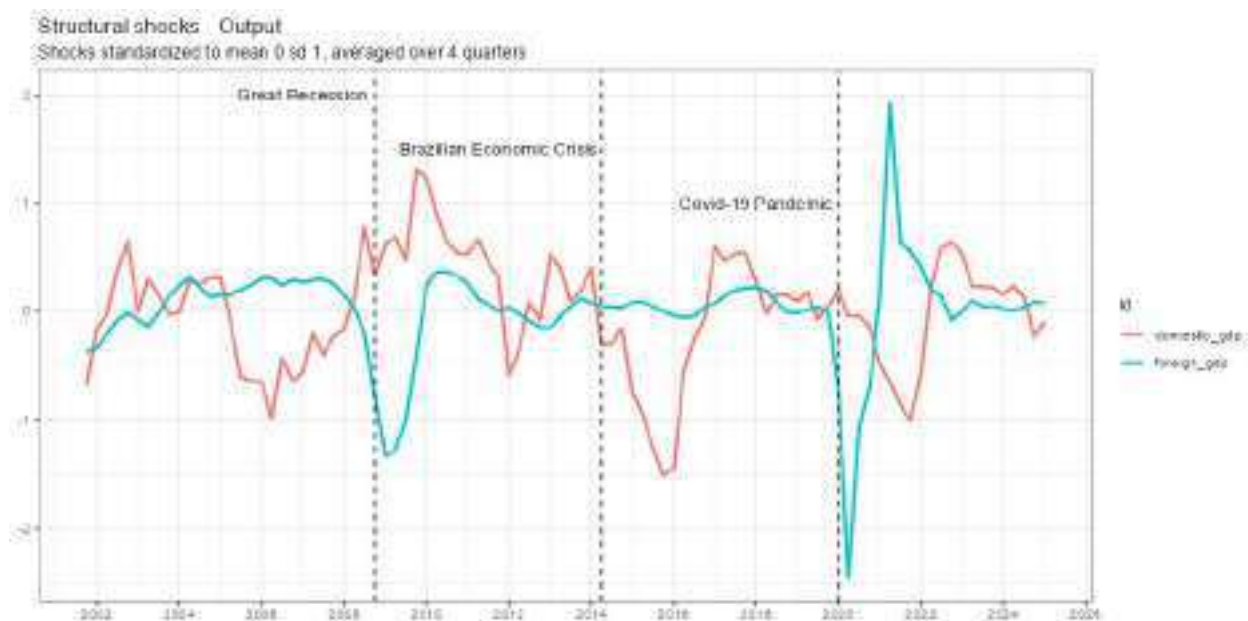
Gráfico 09 – *Posteriori* do AR(1) de todas as variáveis do modelo



Fonte: Elaboração do autor

4.3. Choques estruturais nas variáveis do modelo

Gráfico 10 – Choques estruturais para as variáveis de produto



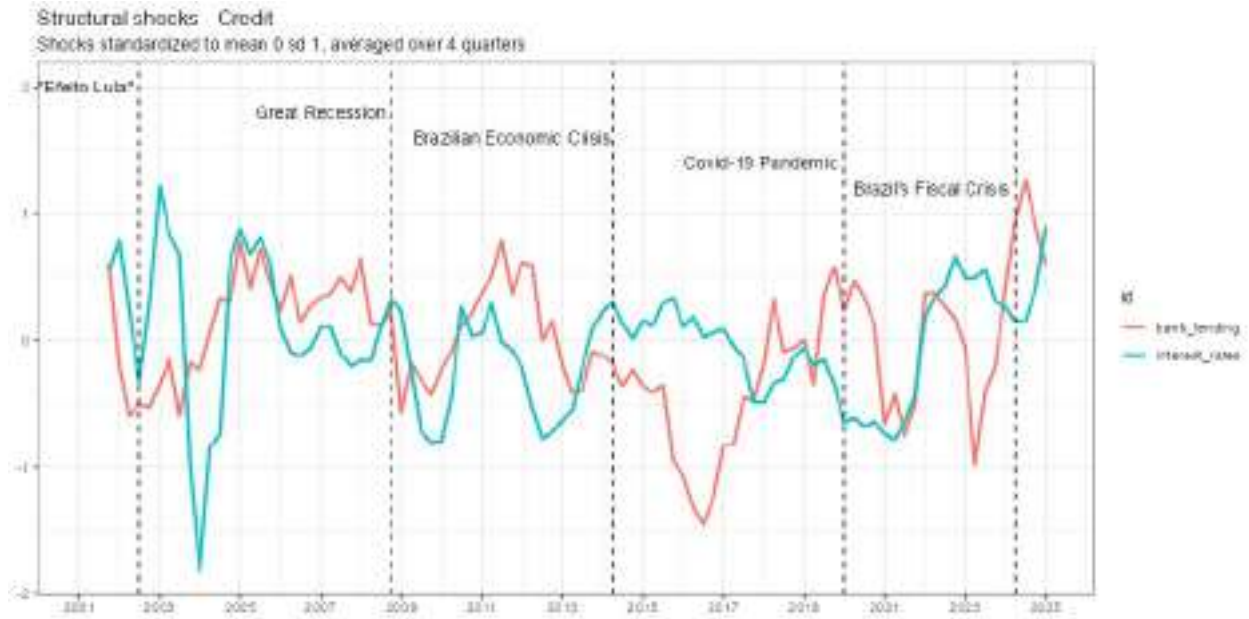
Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 11 – Choques estruturais para as variáveis de preços



Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 12 – Choques estruturais para as variáveis de crédito



Fonte: Elaboração do autor

4.4. Decomposição histórica para variáveis de interesse

Gráfico 13 – Decomposição histórica para o crescimento do PIB doméstico



Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 14 – Decomposição histórica para a inflação



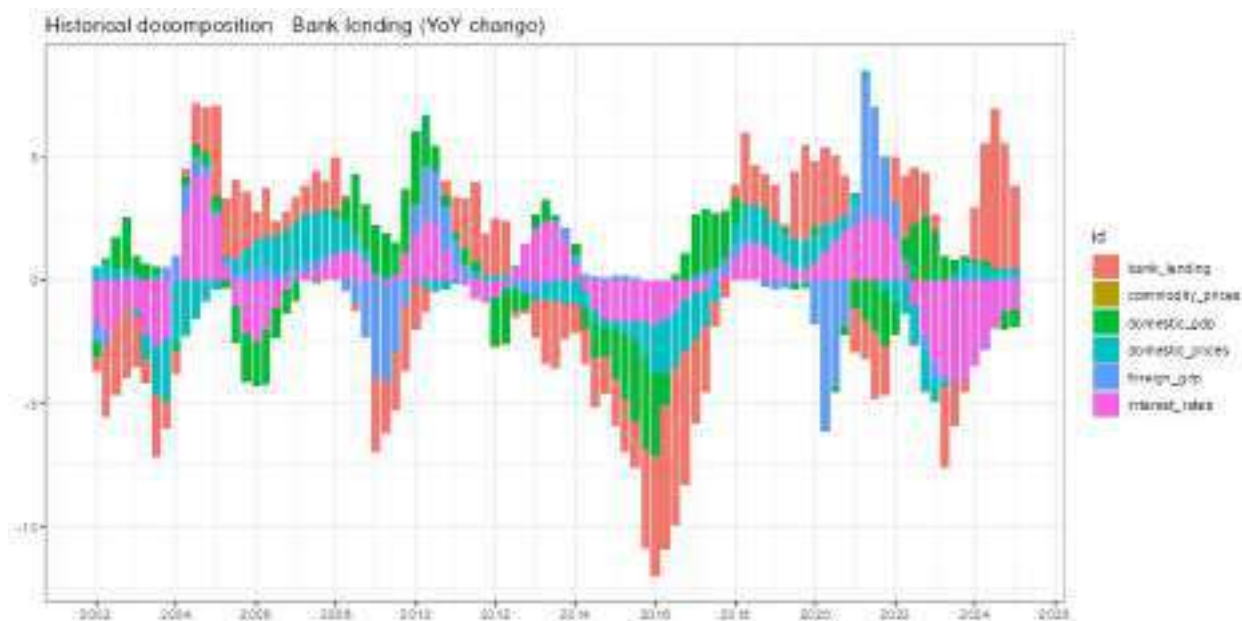
Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 15 – Decomposição histórica para a taxa Selic



Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 16 – Decomposição histórica para a concessão de crédito



Fonte: Elaboração do autor

5. Discussão

Nas funções de impulso-resposta apresentadas no Gráfico 02, percebe-se a presença de comportamento “padrão” (em linha com a teoria macroeconômica) para a maioria das variáveis ao longo dos choques. Porém, é possível notar: (i) uma resposta mais defasada que o usual do juro e do crédito após um impulso no preço das commodities; (ii) uma resposta insuficientemente forte do juro após um impulso no produto doméstico; (iii) a presença do *price puzzle* com resposta de sinal trocado na inflação após um choque nos juros.

Buscando compreender tais resultados, verifica-se a densidade *posteriori* dos coeficientes $\phi_{5,2}$, $\phi_{6,2}$ associados com a questão (i) nos Gráficos 04 e 05, $\phi_{5,4}$, $\phi_{5,3}$ associados com a questão (ii) nos Gráficos 06 e 07 e $\phi_{4,5}$ associado com a questão (iii) no Gráfico 08. As modas zero nos parâmetros associados com a primeira questão indicam que a defasagem ocorre por um efeito de *spillover* após o choque de *commodities*, provavelmente através do canal de elevação no nível de preços doméstico; na segunda questão, obtemos modas aproximadas de 0,25 e 0,10 para os coeficientes de preço e produto respectivamente, indicando que a resposta insuficientemente forte do juro deve decorrer de uma autoridade monetária que é percebida como mais reativa à estabilização de preços do que de atividade econômica; finalmente, na terceira questão, quase toda a massa da *posteriori* está acima de zero indicando que o modelo estimou o nível de preços como função positiva da taxa de juros, sugerindo a necessidade de melhora na estratégia de identificação.

Nos choques estruturais do Gráfico 10, é possível perceber um bom delineamento no comportamento das variáveis de produto durante episódios-chave na história econômica do Brasil. Por outro lado, embora os choques estruturais nas variáveis de preço (Gráfico 11) também delineiem episódios-chave, os padrões de u_{Π_k} seguidos por u_{Π_h} indicam que o *passthrough* nos preços de *commodities* para os preços domésticos está insuficientemente demarcado, e pode contribuir para a existência do *price puzzle* neste modelo. Finalmente, as variáveis de crédito (Gráfico 12) indicam uma autoridade monetária que guiou suas decisões de juros apenas parcialmente com base numa regra

padrão, com choques estruturais notáveis no “Efeito Lula”, na crise financeira, em 2011-132, na pandemia e mais recentemente na crise fiscal. Alguns destes efeitos são difíceis de modelar num contexto padrão, mas indicam que a implementação de restrições de narrativa pode tornar a estimação do modelo mais realista, além de apontarem para indícios de que o BC é mais atento a condições externas do que previamente esperado.

Na decomposição histórica do crescimento do PIB (Gráfico 13), é possível perceber o grande componente externo nas recessões de 2008 e 2020, embora a recessão de 2015-16 aparente ser quase inteiramente oriunda de fatores domésticos. O efeito defasado dos juros na atividade econômica é bem delineado, porém parecem relativamente diminutos dentre todos os fatores analisados. O componente de crédito, em particular, indica o que parece ser uma “ressaca” de demanda após a recessão de 2015-16 que pode ter contribuído para a lenta recuperação econômica do período, situação contrária à vista nos trimestres recentes. Enquanto isso, o comportamento da inflação (Gráfico 14) é amplamente autodeterminado, possível consequência de uma identificação inadequada acerca do impacto das *commodities* conforme anteriormente mencionado. Já o comportamento da Selic (Gráfico 15) demonstra o amplo efeito das variáveis de preço e produto na determinação dos juros ao longo do tempo, embora a fração autodeterminada da variável ainda pareça ser excessiva. É possível que as prioridades do BC em relação à suavização de preço vs. produto se alterem ao longo do tempo, favorecendo a utilização de um modelo TVP (Time-Varying Parameter) para capturar tais nuances ao longo do tempo. Finalmente, a decomposição histórica da concessão de crédito (Gráfico 16) evidencia a grande importância do canal de juros na determinação dos empréstimos, além da presença significativa de fatores externos em 2008 e 2020.

Conclusão

O presente trabalho buscou analisar a dinâmica dos ciclos econômicos no Brasil a partir de um VAR bayesiano identificado com restrições estruturais e autorregressivas, estimando cerca de 70 parâmetros em menos de 100 trimestres de amostra com resultados amplamente consistente com as dinâmicas padrão da literatura. Dentre os resultados, destacam-se três pontos importantes: a presença do *price puzzle* mesmo com a especificação em nível, a resposta assimetricamente fraca da autoridade monetária frente a choques de produto, e o grande componente autoexplicativo da inflação e do crescimento do PIB conforme a decomposição histórica.

A análise dos resultados do modelo indica que embora parte das surpresas sejam originadas de uma estratégia de identificação possivelmente incorreta no presente modelo, existem ganhos a serem efetuados com a imposição de restrições adicionais, tal qual a de narrativas para episódios-chave na amostra estudada, bem como no emprego de restrições de sinal para segmentar a decomposição histórica do componente autoexplicativo nas séries entre choques “temáticos”, como o de oferta e demanda, visando oferecer uma análise mais granular dos ciclos econômicos no Brasil.

REFERÊNCIAS

- COCHRANE, John H. “A critique on the application of unit root tests”. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Elsevier, Vol. 15, No. 2, pp. 275-284. Abr/1991.
- DOAN, Thomas; LITTERMAN, Robert B.; SIMS, Christopher A. “Forecasting and Conditional Projection Using Realistic Prior Distributions”. *Econometric Reviews*, Vol. 3, No. 1, p. 1-100. 1984

- GELMAN, Andrew; RUBIN, Donald B. “*Inference from Iterative Simulation Using Multiple Sequences*”. *Statistical Science*, Vol. 7, No. 4, pp. 457-472. Nov/1992.
- GRANGER, C. W. J. “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods”. *Econometrica*, Vol. 37, No. 3, pp. 424-438. Ago/1969.
- KEYNES, John M. “*The General Theory of Employment, Interest, and Money*”. Palgrave Macmillan, 1936.
- KYDLAND, Finn E.; PRESCOTT, Edward C. “Time to Build and Aggregate Fluctuations”. *Econometrica*, Vol. 50, No. 6, pp. 1345-1370. Nov/1982.
- LUCAS, Robert E. Jr. “Econometric policy evaluation: A critique”. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier, Vol. 1, No. 1, pp. 19-46. Jan/1976.
- LUCAS, Robert E. Jr. “*Models of Business Cycles*”. Cambridge MA: Basil Blackwell, 1987.
- SIMS, Christopher A. “*Macroeconomics and Reality*”. *Econometrica*, Vol. 48, No. 1, pp. 1-48. Jan/1980.
- UHLIG, Harald. “*What are the effects of monetary policy on output? Results from an agnostic identification procedure*”. *Journal of Monetary Economics*, Elsevier, Vol. 52, No. 2, pp. 381-419. Mar/2005.
- URIBE, Martín; SCHMITT-GROHÉ, Stephanie. “*Open Economy Macroeconomics*”. Princeton University Press, 2017.
- VAN WINCOOP, Eric. “*Welfare gains from international risk sharing*”. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 34, pp. 175-200. Jul/1994.
- WOŹNIAK, Tomasz. “*Fast and Efficient Bayesian Analysis of Structural Vector Autoregressions Using the R Package bsvars*”. Out/2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2410.15090>. Acesso em 18/03/2025, 22:35.

PBL COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PARA INGRESSANTES: ESTUDO DE CASO SOBRE ROTEIRIZAÇÃO DE VIATURAS E MITIGAÇÃO DE FURTOS DE CABOS DE COBRE EM BELO HORIZONTE

Clarissa Ana Zambiasi

Gisele Tessari Santos

Sabrina Moreira De Oliveira

Christiano Alves Farias

Pedro Henrique Calais Guerra

Resumo

O artigo explora a aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) como estratégia pedagógica voltada para a resolução de questões reais e de grande relevância social. O estudo teve como foco os furtos de cabos de cobre em Belo Horizonte, uma prática em expansão que afeta diretamente a infraestrutura da cidade. Para enfrentar esse desafio, estudantes do primeiro período foram instigados a propor estratégias de roteirização de viaturas policiais, com o objetivo de reduzir a ocorrência desses crimes. A atividade utilizou dados fornecidos pelo Centro Integrado de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e recorreu a recursos como mapas de calor e algoritmos de otimização, sendo empregado o método heurístico do k-vizinho mais próximo para a definição de rotas eficientes de patrulhamento. A proposta envolveu integração interdisciplinar de componentes curriculares como Pensamento Computacional, Programação Estruturada, Business Labs e Cálculo, possibilitando aos alunos enfrentar problemas complexos e aprimorar competências essenciais, entre elas o pensamento crítico, a colaboração e a capacidade de resolução de problemas. Os resultados mostraram que o PBL foi eficaz não apenas na geração de rotas otimizadas, mas também no engajamento discente, fortalecendo a aprendizagem ativa, a articulação entre teoria e prática e a compreensão aprofundada dos conteúdos acadêmicos. O estudo conclui destacando a relevância das metodologias ativas e do uso de ferramentas tecnológicas na formulação de estratégias aplicadas à segurança pública.

Palavras-chave

Análise de Dados, Segurança Urbana, Integração Interdisciplinar, Aprendizagem Ativa

1. Introdução

Em um mundo em constante evolução em que as habilidades práticas e a capacidade de resolver problemas complexos são cada vez mais valorizadas, a educação tradicional enfrenta desafios significativos. A sala de aula tradicional, centrada na transmissão unidirecional de conhecimento, muitas vezes não prepara adequadamente os alunos para as exigências do mercado de trabalho moderno. É nesse contexto que surge a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL, do inglês *Problem-Based Learning*), uma abordagem inovadora e centrada no aluno que promete transformar o cenário educacional.

O PBL se distingue por seu foco na resolução de problemas reais e relevantes, colocando os alunos no centro do processo de aprendizagem. Em vez de simplesmente absorver informações passivamente, os estudantes são incentivados a investigar, questionar e aplicar o conhecimento de forma prática. Essa metodologia não apenas promove uma compreensão mais profunda dos conteúdos acadêmicos, mas também desenvolve habilidades analíticas como pensamento crítico, colaboração, e comunicação eficaz.

O furto de fios de cobre tem se tornado uma crescente preocupação urbana, impactando significativamente a infraestrutura e a segurança das cidades. Em Belo Horizonte, de acordo com a CEMIG (2022) e o jornal Hoje em Dia (2024), essa problemática tem causado prejuízos expressivos tanto para a administração pública quanto para empresas privadas e moradores. Os fios de cobre são componentes essenciais em sistemas elétricos e de telecomunicações, e sua subtração não só acarreta custos financeiros elevados, como também compromete a prestação de serviços essenciais.

A importância de desenvolver estratégias eficazes para combater esse tipo de crime é evidente, e uma das abordagens consideradas é a roteirização estratégica de viaturas de segurança. A roteirização refere-se ao planejamento de rotas de patrulhamento que maximizam a cobertura e a eficiência das forças de segurança, minimizando os riscos e incidências de furto. Segundo Zhang et al. (2017), a otimização de rotas de patrulhamento é crucial para aumentar a visibilidade das forças de segurança e dissuadir atividades criminosas.

Estudos anteriores têm demonstrado a eficácia de modelos matemáticos e algoritmos de inteligência artificial na roteirização de veículos (PSARAFTIS et al., 2016; MOHAMMED et al., 2017). Quanto à roteirização de viaturas, especificamente, Silva e Rodrigues (2020) afirmam que a aplicação de algoritmos genéticos na roteirização de patrulhas policiais pode reduzir significativamente os índices de criminalidade em áreas urbanas. Além disso, a análise de padrões criminais históricos pode auxiliar na identificação de áreas mais vulneráveis e na alocação eficiente de recursos, conforme discutido por Miller et al. (2019).

A otimização de rotas se concentra em determinar o caminho mais eficiente para um ou mais veículos percorrerem uma série de destinos, minimizando o custo total, a distância percorrida ou o tempo gasto. Na literatura, o problema denominado como Problema do Caixeiro Viajante Clássico (TSP, do inglês, *Traveling Salesman Problem*) foca em encontrar a menor rota que passa por um número específico de cidades ou clientes uma única vez e retorna ao seu ponto de partida (MOHAMMED et al., 2017). Esse problema foi adaptado para diversas áreas e é considerado uma base para soluções de problemas modernos de logística (Ifood, Uber, Waze, etc), otimização de processos fabricação, sequenciamento de DNA e até mesmo para minimizar o tempo gasto na movimentação de telescópios na astronomia, dentre outros.

A relevância deste estudo reside na necessidade de aprimorar as práticas de segurança urbana, promovendo um ambiente mais seguro e resiliente para todos os cidadãos.

Ao propor soluções inovadoras e baseadas em evidências, espera-se contribuir para a redução do roubo de fios de cobre e, consequentemente, para a melhoria da qualidade de vida em Belo Horizonte - MG.

Diante do exposto, propõe-se neste artigo a aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) para os alunos de primeiro período, a fim de apresentarem soluções para o problema de roteirização proposto pelos professores. Os alunos analisaram os locais com maior incidência de furtos de fios de cobre em Belo Horizonte por meio do desenvolvimento de mapas de calor e, após, desenvolveram uma rota viável por meio do método heurístico do k-vizinho mais próximo para as viaturas policiais. A fim de gerar uma rota viável, consideraram-se os pontos onde ocorreram furtos de fios de cobre em redes elétricas e em semáforos de Belo Horizonte - MG, tomando como base dados históricos cedidos pelo Centro Integrado de Operações de Belo Horizonte (COP-BH).

2. Referencial teórico

A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) é uma abordagem pedagógica centrada no aluno que envolve a resolução de problemas reais como meio de adquirir novos conhecimentos. Esta metodologia se destaca por promover uma aprendizagem ativa e colaborativa, desenvolvendo competências essenciais para o século XXI, como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a comunicação eficaz (BARROWS, 1986).

Barrows e Tamblyn (1980) foram pioneiros no desenvolvimento do PBL na área da medicina, destacando que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando os estudantes são engajados em resolver problemas complexos e reais. Segundo os autores, o PBL ajuda os alunos a integrarem e aplicarem conhecimentos de diferentes disciplinas, promovendo uma compreensão holística e contextualizada.

Para implementar o PBL de forma eficaz, é necessário um planejamento cuidadoso e a preparação dos professores para atuarem como facilitadores do processo de aprendizagem. Hmelo-Silver (2004) sugere que os facilitadores devem guiar os alunos no desenvolvimento de habilidades de autoaprendizagem, proporcionando suporte adequado enquanto promovem a autonomia.

A teoria da prevenção situacional do crime sugere que a criminalidade pode ser reduzida ao alterar as circunstâncias imediatas em que os crimes ocorrem. Clarke (1997) argumenta que, ao tornar os crimes mais difíceis de cometer, menos atraentes ou mais arriscados, a incidência criminal pode ser significativamente reduzida. No contexto do roubo de fios de cobre, a presença visível e estratégica de viaturas pode atuar como um fator dissuasor, conforme sustentado por estudiosos como Cornish e Clarke (2003).

A otimização de rotas é um campo vasto que utiliza algoritmos e modelos matemáticos para melhorar a eficiência de percursos, sejam eles de entrega de mercadorias, transporte público ou patrulhamento policial. Dantzig e Ramser (1959) introduziram o Problema do Caixeiro Viajante, um modelo clássico que serve como base para muitos estudos de roteirização. Zhang et al. (2017) aplicaram conceitos de otimização de rotas no contexto policial, demonstrando que o uso de algoritmos de otimização pode aumentar a visibilidade e a presença das forças de segurança em áreas críticas.

A análise espacial de crimes envolve a utilização de ferramentas geográficas e estatísticas para identificar padrões e tendências criminais. Bowers e Johnson (2004) destacam que a análise espacial permite uma compreensão mais profunda das dinâmicas criminais, facilitando a alocação de recursos de forma mais eficaz. Além disso, Brantingham e Brantingham (1981) introduziram o conceito de criminologia ambiental, que explora como os ambientes físicos influenciam a ocorrência de crimes.

Modelos preditivos são cada vez mais utilizados para antecipar crimes e otimizar a alocação de recursos policiais. Gorr e Harries (2003) discutem a aplicação de técnicas de previsão de crimes, ressaltando a importância de dados históricos e análises estatísticas para prever hotspots criminais. A utilização de dados históricos sobre roubos de fios de cobre pode auxiliar na identificação de padrões temporais e espaciais, permitindo a implementação de estratégias de patrulhamento mais eficazes (MILLER *et al.*, 2019).

A inteligência artificial (IA) tem se mostrado uma ferramenta poderosa na otimização de patrulhas policiais. Algoritmos de aprendizado de máquina podem analisar grandes volumes de dados para identificar padrões complexos e otimizar rotas de patrulhamento. Silva e Rodrigues (2020) demonstram que a aplicação de algoritmos genéticos pode reduzir significativamente a criminalidade em áreas urbanas, destacando a eficiência da IA na resolução de problemas complexos de roteirização.

3. Metodologia

Neste estudo, foi proposto aos alunos, a partir da metodologia PBL, o desafio de desenvolver e avaliar estratégias de roteirização de viaturas a fim de mitigar o furto de fios de cobre em Belo Horizonte - MG.

Inicialmente, foi realizada uma visita técnica ao COP- BH a fim de apresentar o problema aos alunos e suas possíveis aplicações na cidade de Belo Horizonte.

Os dados sobre ocorrências de roubo de fios de cobre em redes elétricas, de telefonia e semáforos foram obtidos junto ao COP-BH. Esses dados incluíram informações como endereço, localização geográfica, data e hora das ocorrências, bem como características adicionais relevantes, como o tipo de cabo (aéreo ou subterrâneo).

Os dados geoespaciais detalhados de Belo Horizonte foram obtidos com o Software QGis, incluindo mapas de ruas, pontos de interesse e infraestrutura de telecomunicações. Esses dados foram adquiridos através de fontes públicas.

A fim de obter alguns insights sobre os padrões de roubos de fios de cobre, foram gerados mapas de calor e de ocorrências a partir das bases de dados cedidas pela COP - BH. Para este ensaio, foi definido o raio de influência de 500 metros para a geração da superfície de kernel, com pixel de 100 x 100 m.

Adicionalmente, foram apresentados mapas de calor com ocorrências por dia da semana e por classificação viária, além de uma separação por tipo de operadora, no caso dos dados da telefonia.

Após esse estudo inicial, para resolver o problema objeto da pesquisa, os alunos tiveram que desenvolver a lógica de programação, considerando o problema e o método de solução designado no trabalho e implementar o código em Python. Para a resolução do problema proposto, tomou-se como base o Problema do Caixeiro Viajante Clássico e, como método de solução, a heurística do k-vizinho mais próximo (MOHAMMED *et al.*, 2017).

4. Resultados e discussão

O trabalho foi desenvolvido no segundo semestre de 2023, e contou com alunos calouros e professores dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, Ciência de Dados e Inteligência Artificial, Engenharias, Economia e Administração da Faculdade Ibmecc BH em parceria com o COP – BH.

As disciplinas envolvidas na solução do problema de roteirização proposto, todas do primeiro período, foram fundamentais para que os alunos desenvolvessem as habilidades e competências necessárias para a solução do problema. As disciplinas envolvidas foram:

Pensamento Computacional – responsável por fornecer a base para os alunos desenvolverem a lógica de programação; Programação Estruturada – proporcionou a base para o desenvolvimento e implementação do código em Python; Business Labs – forneceu a base para a otimização de rotas utilizando o Solver (suplemento do Microsoft Excel); Cálculo – proporcionou a base para manipulação de vetores e matrizes e o cálculo de métricas como a distância euclidiana.

Cada uma dessas disciplinas contribuiu de maneira integrada, capacitando os alunos a resolverem problemas complexos de roteirização por meio de abordagens interdisciplinares e práticas de aprendizado baseado em problemas (PBL). Os alunos foram divididos em grupos que continham integrantes dos diferentes cursos para realização do trabalho.

Inicialmente foi realizada uma visita técnica ao COP – BH que visou apresentar aos alunos e professores o centro, que tem por objetivo otimizar os recursos das diversas instituições, prevenção e predição de problemas públicos de segurança, ordem pública, mobilidade, serviços urbanos, defesa civil, emergência em saúde, dentre outros. A visita técnica teve como objetivo também apresentar para os alunos o problema específico a ser resolvido, bem como a importância e dimensão, a fim de conscientizar em como a solução desenvolvida poderia beneficiar a cidade.

Por meio da Figura 1 pode-se observar os alunos na visita ao centro de operações.

Figura 1 – Visita a COP – BH.



Fonte: Autores (2024)

O problema proposto foi obter uma boa rota para as viaturas policiais considerando os pontos onde ocorreram roubos de fios de cobre em redes elétricas e semáforos de Belo Horizonte tomando como base dados históricos cedidos pelo COP-BH.

A primeira entrega do problema de pesquisa desenvolvida pelos alunos foi composta por uma parte teórica bibliográfica, e teve como objetivo despertar o interesse dos alunos pelo tema, além de fornecer uma base teórica sobre o problema e método de solução, orientando, assim, a pesquisa. Foram propostas algumas perguntas norteadoras, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Primeira entrega - atividade teórica.

Questão 1	A respeito do funcionamento do método de solução – apresente vantagens e desvantagens do método.
Questão 2	Métricas que poderiam ser utilizadas para avaliar a qualidade da solução.
Questão 3	Aplicações para solucionar problemas reais, com comprovação em artigos científicos.

Fonte: Autores (2024)

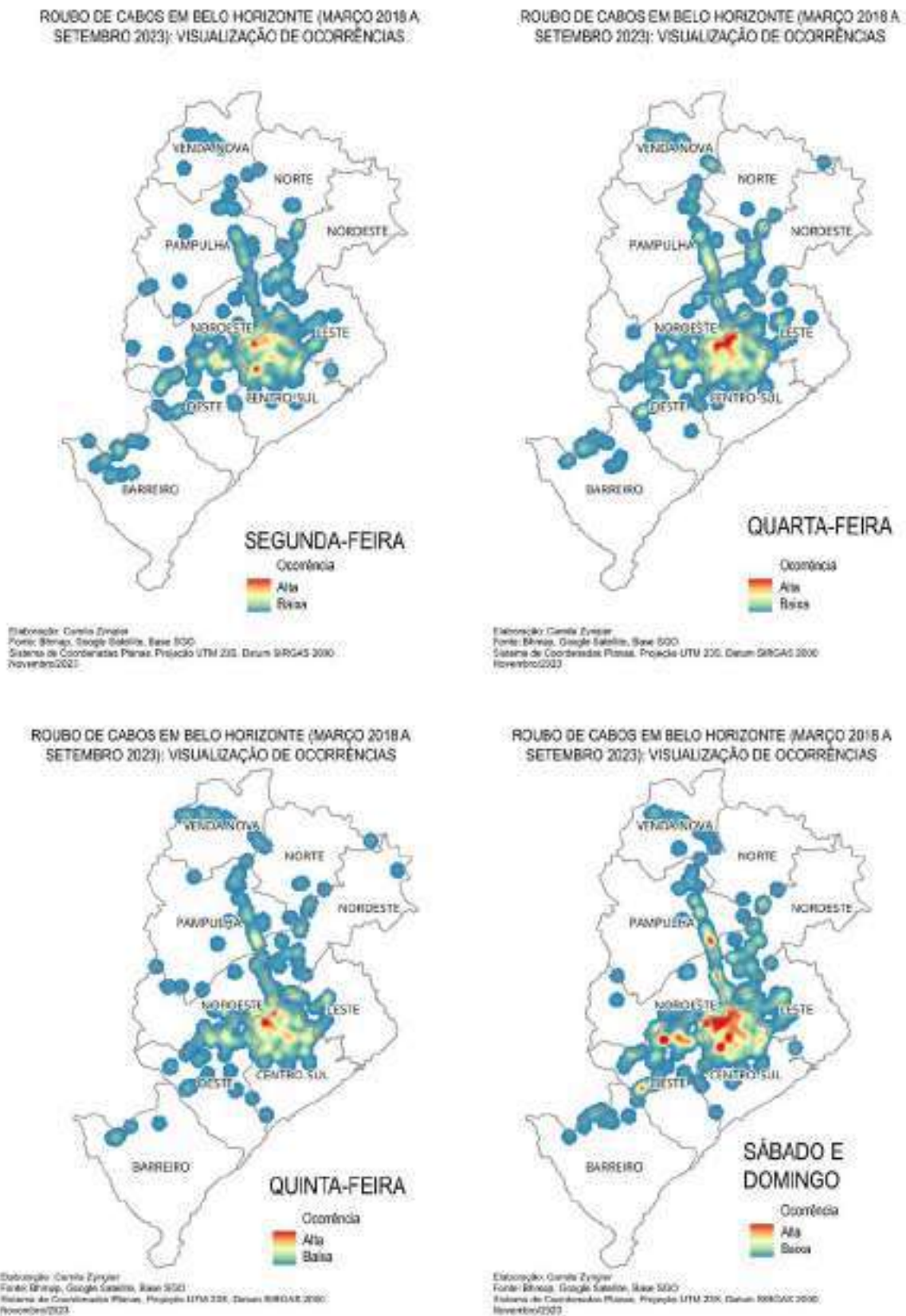
Com isso, os alunos puderam se aprofundar no tema, com um direcionamento específico, focando no objetivo geral da proposta do projeto.

A segunda entrega realizada foi a parte mais prática do trabalho. Essa etapa contemplou a entrega e apresentação do código, comentado, desenvolvido em Python para a solução do problema proposto, além do relato das maiores dificuldade de implementação do problema.

Com auxílio do software QGis foi possível gerar um mapa de calor por dia da semana a partir dos dados de furtos de cabos no período de março de 2018 até setembro de 2023, cedidos pelo COP-BH. Por meio dos mapas de calor, puderam-se observar as ocorrências no período de análise e obter alguns insights (Figura 2).

Na Figura 2 foi possível observar as cores mais quentes (vermelho/laranja) como locais com alta ocorrência de furtos em Belo Horizonte – MG, e os locais com cores mais frias (azul/verde) como locais de baixa ocorrência de furtos e que o maior número de furtos acontece aos sábados e domingos. Além disso, foi possível observar no mapa os locais com mais ocorrência de furtos de cabo na cidade.

Figura 2 – Mapa de calor – Visualização das ocorrências de furtos de fios de cobre em Belo Horizonte por dia da semana.



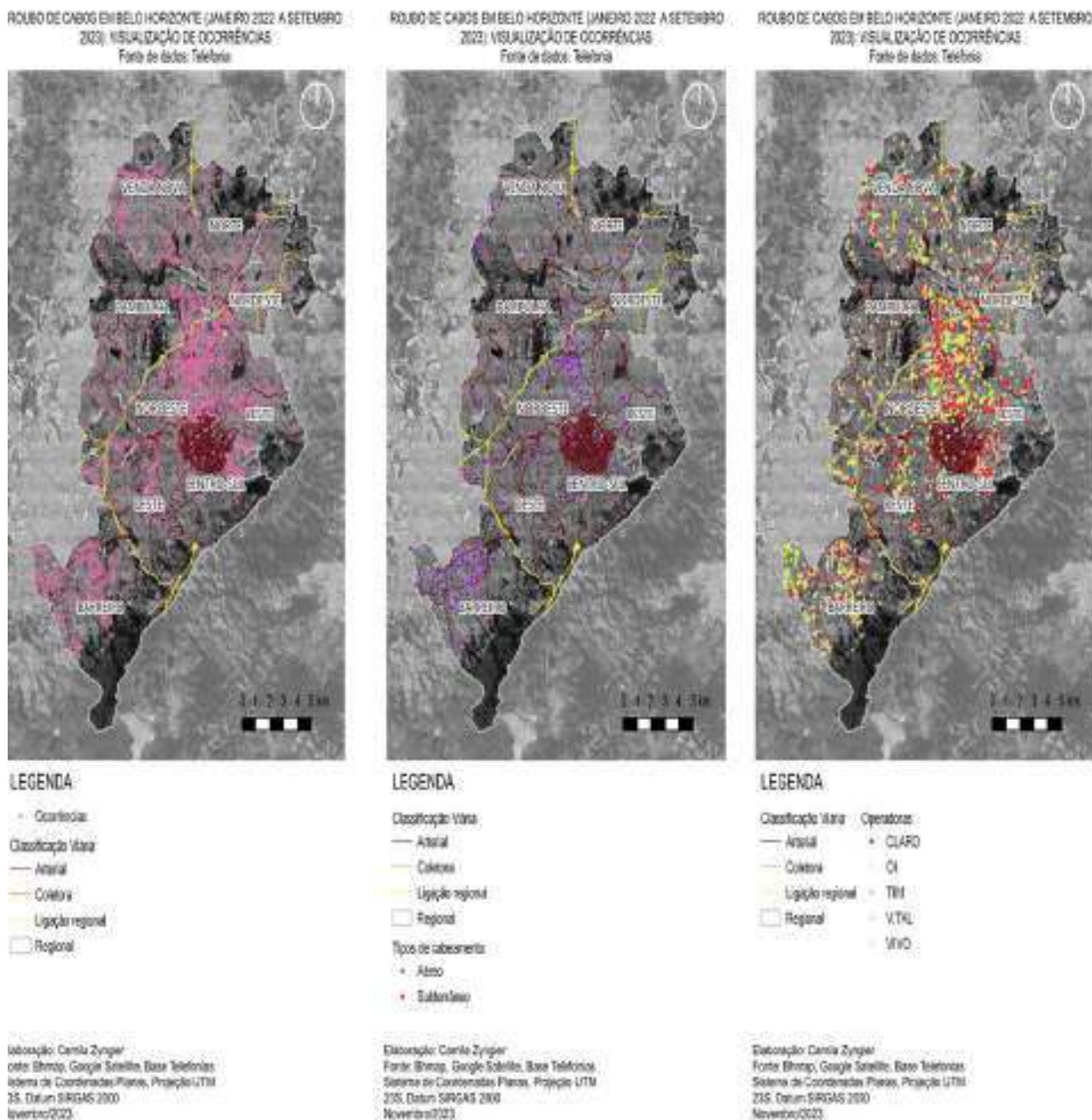
Fonte: Autores (2024).

Foi realizada também uma análise de mapas por horário das ocorrências, utilizando a Base do Sistema de Gestão Operacional (SGO) do COP-BH, com o roubo de cabos na cidade por classificação viária. Com isso, observou-se que as ocorrências acontecem principalmente em vias arteriais e das 05h01min até 21h59min. Logo, percebe-se que há correlação entre os roubos e os corredores viários. Uma possível explicação é que as vias arteriais, por possuírem vários acessos, propiciam a fuga após o furto. Por outro lado, cabe ressaltar que são as principais vias onde há um maior mapeamento e monitoramento por meio das Instituições responsáveis como o COP-BH e a guarda municipal.

Observa-se também que há uma maior ocorrência de furtos diurna, o que se infere ao princípio de que os Boletins de Ocorrência (B.O.) são registrados em horário comercial. Dessa maneira, apesar da maior parte dos furtos ter sido observada após as 05h01min, o horário do furto possivelmente não coincide com o horário do registro do furto, que está na base de dados e possibilitou a análise dos alunos. Portanto, sugere-se que, para uma análise mais precisa, seria importante o registro de dois horários distintos: o do B.O. e o possível horário da ocorrência.

Foi analisado ainda, a partir do banco de dados, um mapa de ocorrências considerando a base de telefonia, com tipo de cabeamento e operadoras. Conforme relatos dos profissionais da COP – BH, esse tipo de furto tem sido um dos principais ocorridos. Os dados considerados foram de janeiro de 2022 até setembro de 2023 e podem ser observados por meio da Figura 3.

Figura 3 – Furto de cabos em Belo Horizonte por classificação viária e operadoras de telefonia.



Fonte: Autores (2024).

Por fim, foi desenvolvido pelos grupos de alunos uma roteirização para as viaturas policiais. A utilização da linguagem de programação Python foi fundamental para desenvolver essa estratégia eficiente de roteirização, com o objetivo de mitigar os furtos de fios de cobre. Utilizando algumas bibliotecas disponíveis no Python, foi possível analisar os dados históricos fornecidos pelo COP-BH e identificar os pontos críticos de incidência de furtos por meio da geração de mapas de calor. Com base nesses dados, foi implementado um algoritmo de roteirização que otimizou os percursos das viaturas, priorizando as áreas mais afetadas e minimizando o tempo de resposta. A rota para viaturas policiais proposta por um dos grupos e os mapas de calor dos locais com maior incidência de furtos de cabos de fios de cobre na região central de Belo Horizonte - MG nos meses de dezembro de 2018 até 2020 podem ser visualizados na Figura 4.

ferramentas tecnológicas avançadas no desenvolvimento de estratégias eficientes para a segurança pública.

Entretanto, é importante destacar que a implementação do PBL exige um planejamento cuidadoso e um suporte adequado por parte dos educadores. A preparação dos professores é fundamental para o sucesso dessa abordagem. Além disso, a adaptação das matérias e a criação de mecanismos de avaliação que reflitam a natureza multidimensional das competências e habilidades desenvolvidas são desafios que precisam ser enfrentados.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a Faculdade Ibmec de Belo Horizonte pelo suporte acadêmico e aos profissionais do Centro Integrado de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) pela disponibilização dos dados históricos e pelo apoio técnico fornecido. Sem a colaboração e o comprometimento dessas instituições, este estudo não teria sido possível.

REFERÊNCIAS

- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. Springer Publishing Company.
- Barrows, H. S. (1986). *A taxonomy of problem-based learning methods*. Medical Education, 20(6), 481-486.
- Bowers, K. J., & Johnson, S. D. (2004). "Who commits near repeats? A test of the boost explanation." Western Criminology Review, 5(3), 12-24.
- Brantingham, P. J., & Brantingham, P. L. (1981). *Environmental Criminology*. Sage Publications.
- CEMIG. *Furto de fios de cobre provoca interrupção da oferta de serviços públicos, causa transtornos e gera prejuízo para a população*. CEMIG, Belo Horizonte - MG, 2022. Disponível em: <https://portalqa.cemig.com.br/release/furto-de-fios-de-cobre-provoca-interruptao-da-oferta-de-servicos-publicos-causa-transtornos-e-gera-prejuizo-para-a-populacao/>. Acesso em: 31 mai. 2024.
- Clarke, R. V. (1997). *Situational Crime Prevention: Successful Case Studies*. Harrow and Heston.
- Cornish, D. B., & Clarke, R. V. (2003). *Opportunistic Theories of Crime*. Transaction Publishers.
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). "The truck dispatching problem." Management Science, 6(1), 80-91.
- Gorr, W. L., & Harries, K. (2003). "Introduction to Crime Forecasting." International Journal of Forecasting, 19(4), 551-555.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). *Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?*. Educational Psychology Review, 16(3), 235-266.
- HOJE EM DIA. *Roubo de cabos desafia polícia, traz prejuízos a empresários e deixa população sem serviços públicos*. Hoje em Dia, Belo Horizonte - MG, 16 mar. 2024. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/minas/roubo-de-cabos-desafia-policia-traz-prejuizos-a-empresarios-e-deixa-populacao-sem-servicos-publicos-1.1005058>. Acesso em: 31 mai. 2024.
- Miller, H. J., Gorr, W. L., & Olligschlaeger, A. M. (2019). "Crime hot spot forecasting: Modeling and comparative evaluation." Applied Spatial Analysis and Policy, 12(1), 105-126.

- Mohammed, M. A., et al. (2017). *Solving vehicle routing problem by using improved K-nearest neighbor algorithm for best solution*. Journal of Computational Science, 21, 232-240.
- Psaraftis, H. N.; Wen, M.; Kontovas, C. A. (2016). *Dynamic vehicle routing problems: Three decades and counting*. Networks, 67(1), 3–31.
- Silva, R. C., & Rodrigues, F. M. (2020). “*Algoritmos genéticos aplicados à roteirização de patrulhas policiais: um estudo de caso*.” Revista Brasileira de Segurança Pública, 14(3), 45-60.
- Zhang, Y., Liu, X., & Gong, J. (2017). “*Optimization of police patrol routes for urban street networks: A case study of Tianjin, China*.” Journal of Transport Geography, 58, 140-148

DETERMINANTES MACROECONÔMICOS DO ENDIVIDAMENTO E DA INADIMPLÊNCIA DA POPULAÇÃO BRASILEIRA, 2012-2024

Marcos Antônio de Camargos

Alexandre Teixeira Dias

RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar e analisar os determinantes macroeconômicos do endividamento e da inadimplência da população brasileira considerando o período 2012 a 2024. Para se atingir este objetivo foi realizada pesquisa quantitativa com séries de dados sobre o endividamento, inadimplência e variáveis macroeconômicas (SGS-BCB, PEIC-CNC, Ipeadata e IBGE). O modelo utilizado foi uma regressão múltipla no qual foram inseridas nove variáveis macroeconômicas e duas *dummies*. Os resultados obtidos, em linhas gerais, mostram que o endividamento e a inadimplência possuem uma relação positiva com o câmbio, a taxa de juros (SELIC), inflação (IPCA), desemprego, *spread* bancário, indicando que um aumento dessas variáveis leva ao crescimento do seu percentual junto às famílias brasileiras. Além disso, para o modelo com a variável inadimplência foi constatada uma relação negativa para as variáveis PIB, índice e confiança do consumidor (ICC). A redução do endividamento após a crise da economia brasileira apontada para os modelos (EBCB e EPEIC) vai em direção contrária ao racional da teoria econômica. Já a relação positiva e significativa da *dummy* inserida para capturar os efeitos da Covid-19, aponta para um aumento do endividamento e da inadimplência no período pós-pandemia, refletindo seus impactos econômicos e as dificuldades financeiras que a população enfrentou.

Palavras-chave

Endividamento, Endividamento Familiar, Inadimplência, Variáveis Macroeconômicas.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira tem convivido com elevados níveis de endividamento e inadimplência nos últimos anos, com destaque para o período pós-pandemia do Covid-19, que contribuiu para agravar ainda mais este problema social (SERASA, 2021). Nesta perspectiva, a análise e o entendimento desses níveis, a identificação das suas causas e consequências exigem maior conhecimento e educação financeira que possibilitem a tomada de decisões de consumo, investimento e, principalmente de endividamento, mais assertivas e conscientes por parte da população.

A evolução do crédito na economia brasileira nas últimas duas décadas pode ser dividida em dois momentos. No primeiro, iniciado em 2003, ocorreu forte expansão da sua oferta direcionado às pessoas físicas, proporcionada em grande parte pela regulamentação do consignado (descontado em folha de pagamento), inserido em um contexto de crescimento econômico e redução da pobreza. Durante a crise da economia brasileira (2015-2016), ocorreu uma redução da sua oferta, que voltou a crescer após sua superação, a partir de 2017, mas em meio a um cenário macroeconômico ainda fragilizado, de baixo crescimento e de aumento da pobreza, que veio a se deteriorar ainda mais com a pandemia do Covid-19.

A Pesquisa de Endividamento e Inadimplência do Consumidor (PEIC), elaborada e disponibilizada pela Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (CNC), mostra que entre janeiro de 2012 e dezembro de 2024 o percentual de famílias com dívidas a vencer no Brasil aumentou quase 20 pontos percentuais (p.p.), passando de 58,8% para 76,7%, com destaque para o aumento e manutenção observados no período pós-pandemia do Covid-19, conforme se observa na figura 1, com uma elevação de mais de 10 p.p. no endividamento a partir de 2021, resultado do aumento do desemprego, da inflação e da queda na renda, que achataram o poder de compra das pessoas (SERASA, 2021).

Figura 1 – Evolução do Endividamento, Dívidas em Atraso e Inadimplência das Famílias Brasileiras entre janeiro/2012 a dezembro/2024.



Fonte – Elaboração própria, com dados da PEIC-CNC (2025).

Ainda com base na figura 1, observa-se que percentual de famílias com dívidas em atraso aumentou quase 10 p.p., passando 19,9% para 29,3%, enquanto que a inadimplência quase dobrou nesses 15 anos, passando de 6,9% para 13,0%. A combinação entre trajetória ascendente do endividamento, alta desigualdade, baixa renda e o fraco desempenho da economia brasileira no período tornam o endividamento um problema

grave (Costa, 2023), que deveria ser enfrentado de maneira mais contundente pelas autoridades governamentais. Essas características da economia brasileira é que agravam as consequências desse problema, pois, quando se compara os níveis de endividamento da população brasileira com outros países, em 2018 (último dado disponível), o país era 29º de uma amostra de 36 países, considerando o endividamento como % da renda disponível líquida (OCDE, 2018). De maneira semelhante, dados compilados pelo FMI (2017) apontam que o país era o 37º em termos da dívida das famílias em % do PIB de uma amostra de 77 países.

A tendência de crescimento do endividamento deve se manter nos próximos anos, pois, a quantidade de crédito que é contratada na economia brasileira por pessoas físicas (PF) vem apresentando um crescimento. Segundo dados divulgados pelo Bacen (2025), saldo da carteira de crédito a PF saltou de 22,33% no início de 2012 para 33,43% do Produto Interno Bruto (PIB) no final de 2024, atingindo R\$ 4,2 trilhões. O problema do endividamento excessivo e, por consequência, a inadimplência, são seus potenciais desdobramentos na economia e na sociedade como um todo, pois as perdas acarretadas por esta última são distribuídas para todos os consumidores, através da elevação do custo do crédito, penalizando assim, tanto inadimplentes, quanto adimplentes.

Face a esse rápido crescimento do endividamento da população se observa na esfera governamental, acadêmica e do mercado financeiro, um dos principais interessados na questão, uma preocupação ainda incipiente, em relação aos desdobramentos econômicos, sociais e psicológicos desse problema. Na academia se observa a realização de estudos focados em avaliar o nível de propensão ao endividamento, seus fatores determinantes e consequentes (KIM; DEVANEY, 2001; LYONS, 2008; NORVILITIS *et al.*, 2006; MENDES-DA-SILVA *et al.*, 2012).

Inserido nessa discussão, o objetivo desta pesquisa é identificar e analisar determinantes macroeconômicos que explicam o endividamento e a inadimplência da população brasileira considerando o período 2012 a 2024. A partir dessa identificação, busca-

se responder à seguinte indagação: como o ambiente macroeconômico afeta o endividamento e a inadimplência da população brasileira?

Estudos na área do endividamento e inadimplência da população são importantes na medida que podem apresentar seus antecedentes e consequentes, ao fornecer explicações para a causa desses problemas, além de medidas que amenizem seus impactos na economia e na sociedade em geral. Ademais, conforme destacam Marçal e Pereira (2015), a análise dos níveis de inadimplência de uma economia é importante pois, um forte aumento dessa variável pode ter desdobramentos para o sistema financeiro, ao afetar o mecanismo de transmissão da política monetária, com repercussões negativas para a economia como um todo.

Esta pesquisa se justifica pois aborda um tema de grande relevância social e econômica que ainda carece de maior atenção por parte da academia para se formar um corpo de evidências empíricas, no qual as discussões e conclusões permitam identificar causas do endividamento e da inadimplência, visando minimizar suas consequências, fornecendo informações e subsídios para o mercado financeiro tomar medidas corretivas e de controle, bem como para autoridades governamentais na formulação e implementação de políticas públicas de enfrentamento do problema.

No que se refere à sua relevância social, merece ser destacado que ao lançar luz sobre a questão do endividamento excessivo e da inadimplência ser decorrente da ausência de planejamento orçamentário familiar e da elaboração e disseminação de políticas de educação financeira que eleve o nível de conhecimento da população sobre como lidar com suas finanças, pode despertar a atenção de agentes interessados no problema e

fomentar discussões e ações para sua resolução. Nessa direção, a educação financeira precisa receber maior atenção, pois sua disseminação pode ajudar na redução dos níveis de inadimplência e endividamento (ROCHA; OLIVEIRA; TEIXEIRA, 2017).

Por fim, é digno de nota que, embora o crédito tenha potencial para impulsionar o crescimento econômico no curto prazo, há riscos associados ao endividamento excessivo, como inadimplência e instabilidade financeira no longo prazo. Daí a importância de se pensar e implementar políticas econômicas que promovam um equilíbrio entre o incentivo ao crédito e a sustentabilidade financeira das famílias, de modo a mitigar os efeitos negativos do endividamento excessivo e garantir um crescimento econômico sustentável (BONOMO; BRITO; MARTINS, 2003). Espera-se que este trabalho contribua para fomentar o debate sobre essas questões de interesse econômico e social para o país.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Educação Financeira

De maneira objetiva, educação financeira pode ser entendida como a forma que um indivíduo adquire conhecimentos essenciais para gerenciar suas finanças e recursos financeiros de maneira consciente e responsável. Ou de maneira mais ampliada, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE (2005) define educação financeira como o processo pelo qual os indivíduos aumentam sua compreensão sobre produtos, conceitos e riscos financeiros, e obtêm informação e instrução, desenvolvem habilidades e confiança, de modo a ficarem mais cientes sobre os riscos e oportunidades financeiras, para fazerem escolhas mais conscientes e, assim, tomarem decisões mais assertivas para melhorar seu bem-estar.

Para Lyons (2008), o acesso a uma educação financeira formal é essencial para garantir o bem-estar financeiro, pois, possibilita aos indivíduos adquirirem conhecimentos e desenvolverem práticas financeiras que permitem uma melhor administração e utilização dos seus recursos. E o que é mais importante, conforme reforçam Lusardi, Mitchell e Curto (2010), por meio da informação, instrução e práticas relacionadas à educação financeira, os indivíduos desenvolvem habilidades e confiança para aperfeiçoarem sua tomada de decisão.

Ou seja, o nível de educação financeira tem relação direta da tomada de decisão eficiente com a melhor gestão dos recursos financeiros. Sua relevância pode ser vislumbrada pela satisfação pessoal que pode proporcionar a um indivíduo em suas decisões que envolvam seu futuro. Decisões equivocadas podem resultar na desorganização de suas finanças, restrições de acesso ao crédito, com consequências negativas no futuro profissional (LIZOTE *et al.*, 2016).

O contexto de crises recentes pelas quais a economia brasileira passou, com impactos diretos em variáveis macroeconômicas, especialmente no que se refere ao emprego e à renda, tem influências diretas sobre a tomada de decisão da população e explica em parte seu elevado nível de endividamento e de inadimplência, principalmente indivíduo bom baixo nível de conhecimento e educação financeira. Cabe enfatizar que o nível de endividamento e de inadimplência na economia refletem a vulnerabilidade do equilíbrio orçamentário das famílias e dos indivíduos.

O que se observa na sociedade brasileira atual é que as mudanças regulatórias, econômicas e, principalmente, o rápido avanço tecnológico, elevaram a complexidade dos serviços financeiros, mas o nível de conhecimento da população, no que se refere à educação financeira, não está acompanhando essas transformações, o que compromete a tomada de decisões financeiras por parte de população, produzindo resultados infe-

riores ao desejado (SAVOIA; SAITO; SANTANA, 2007). Isso explica em parte o problema do endividamento e da inadimplência das famílias. Conforme acrescenta Slomp (2008), parte desse descontrole financeiro é causado propagandas midiáticas e campanhas de marketing cada vez mais direcionadas e agressivas.

É mister destacar o papel desempenhado nessas transformações pelo avanço da tecnologia da informação, que possibilitou o acesso de uma parcela grande de população a instrumentos e produtos do mercado financeiro, principalmente no segmento das microfinanças (MADER, 2018). Corroborando isso, Soederberg (2013) destaca que essa disseminação das finanças não se limitou às classes médias de países em desenvolvimento, sendo estendida às populações e aos países mais pobres, por meio de programas de inclusão e educação financeira.

O problema é que essa “democratização” não veio acompanhada pelo avanço no nível de educação financeira da população, essencial para esta tenha habilidade de compreender as características, vantagens e desvantagens de cada opção, de calcular os custos embutidos nas diferentes ofertas de crédito e de administrar a capacidade de endividamento (Amadeu, 2009).

2.2 Endividamento e Inadimplência

O ato de contratar uma dívida está sempre associado a um determinado nível de risco de não se efetuar o pagamento pontual dos compromissos assumidos. Decorre daí outro conceito ligado diretamente aos conceitos de endividamento e crédito, o de inadimplência, entendida como a não realização de um pagamento ou descumprimento de um contrato ou de uma de suas cláusulas (SEHN; CARLINI Jr., 2007).

O aumento da oferta de crédito representa um desafio macroeconômico, pois atua como catalisador tanto da demanda doméstica, como também do endividamento familiar. Dessa forma, se por um lado, o acesso ao crédito tem sido uma variável importante para o crescimento da economia brasileira nas últimas décadas, pois, ao aumentar o poder de compra da população, alavanca o consumo e a demanda interna, contribuindo assim, para a expansão das atividades das empresas em determinado período. Por outro, conforme destaca Slomp (2008), tem contribuído para agravar um problema social característico da “sociedade do consumo”, que ao ultrapassar seus limites de dispêndio maximizam os níveis de endividamento, o que fica evidenciado pelo fato deste estar se tornando um elemento estrutural da sociedade brasileira.

Tem-se aí um ciclo vicioso, no qual o aumento do poder de compra ocasionado pelo crédito, resulta no aumento do consumo, e por consequência, do endividamento e em situações extremas, na impossibilidade de pagamento (inadimplência). Diante desse quadro, pode-se dizer que uma das causas do endividamento familiar é a política de incentivo ao crédito, que vem sendo concedido de modo quase discricionário e exagerado para uma parcela cada vez maior da população. Outros fatores que explicam o aumento da inadimplência no Brasil seriam: a deficiências no controle do orçamento familiar, acesso descontrolado a bens de consumo e a compra compulsiva, facilidade de acesso ao crédito e baixos níveis de educação financeira (FIGUEIRA; PEREIRA, 2014). Além disso, o marketing direcionado à oferta do crédito é cada vez mais agressivo e o consumismo figuram entre as causas do problema.

É importante destacar que houve expansão de crédito à pessoa física no Brasil desde 2003, possibilitando o aumento do consumo consciente, mas em grande parte inconsciente da população, resultando, conseqüentemente, no aumento do endividamento e da inadimplência. Conforme destacam Parker, Haytko e Hermans (2009) esse problema é agravado pelos constantes estímulos ao consumo, tanto pela sociedade e mídias de

marketing que se beneficiam desse contexto para elevar o nível das vendas de produtos e serviços, quanto pela variedade de linhas de crédito disponibilizados no mercado financeiro.

Nesse contexto, dado que o Brasil figura entre as economias com as maiores taxas de juros para o crédito do mundo, a análise das duas variáveis básicas do crédito, taxas de juros cobradas nas operações e os prazos concedidos nas diferentes modalidades, é essencial para entender sua composição. Conforme se observa nas figuras 2 e 3, a taxa média de juros cobrada para o crédito concedido a pessoas físicas entre 2012 e 2024 oscilou próxima aos 50,0%, ficando em 51,49% ao ano. O cheque especial foi o crédito com as maiores taxas (média de 180,3% a.a.) e o crédito consignado com as menores (média de 24,75% a.a.). Chama atenção, que, apesar de ter as menores taxas o crédito consignado é o que apresentou os maiores prazos, 74,03 meses de média no período, refletindo sua importância, que desde a sua criação em 2003, vem desempenhando um papel essencial na expansão do acesso ao crédito às famílias, especialmente as mais pobres (LAVINAS, 2017). O prazo médio de todas as modalidades foi de aproximadamente 55 meses, com as operações com cartão de crédito tendo menor média, 10,08 meses.

Figura 2 – Taxa de juros (% ao ano) do Crédito Pessoa Física – Diversas Modalidades entre jan./2012 a dez./2024.



Fonte – Elaboração própria, com dados do SGS-BCB (2025).

Figura 3 – Prazo médio (meses) do Crédito Pessoa Física – Diversas Modalidades entre jan./2012 a dez./2024.



Fonte – Elaboração própria, com dados do SGS-BCB (2025).

As pesquisas sobre o endividamento dos indivíduos e famílias se iniciaram na década de 70 do século XX. Em artigo seminal, Katona (1975) discutiu a origem dos problemas de crédito, avaliando não somente os fatores econômicos, mas também os fatores psicológicos e comportamentais. Sua pesquisa, com uma amostra da população britânica, teve por objetivo identificar os aspectos que estimulavam o endividamento. Ele identificou três fatores que levam uma pessoa gastar mais do que ganha: 1. baixa renda, de modo que nem sequer são cobertas as despesas essenciais; 2. alta renda, combinada com um forte desejo de gastar, e, 3. falta de vontade para economizar (independentemente da renda).

A literatura sobre as causas da propensão ao endividamento e da inadimplência se divide em duas vertentes, focadas na identificação de fatores: 1. microeconômicos: ligados ao comportamento dos indivíduos tomadores de crédito considerando suas condições psicológicas e socioeconômicas; e 2. macroeconômicos: que afetam a economia como um todo e estão fora do controle da população.

No que se refere à primeira vertente, diversos estudos da literatura internacional e nacional tentam identificar e explicar os fatores determinantes da propensão ao endividamento dos indivíduos e famílias. Dentre as variáveis analisadas, destacam-se: 1. renda (Zerrenner, 2007; Bricker *et al.*, 2012); 2. ocupação (CHIEN; DEVANEY, 2001; BAEK; HONG, 2004; KEESE, 2012); 3. escolaridade (PONCHIO, 2006; KEESE, 2012; GATHERGOOD, 2012); 4. idade (PONCHIO, 2006; WORTHY; JONKMAN; BLINN-PIKE, 2010; TAN; YEN; LOKE, 2011; SEVIM; TEMIZEL; SAYILIR, 2012; BRICKER *et al.*, 2012); 5. estado civil (MENDES-DA-SILVA; NAKAMURA; MORAES, 2012; KEESE, 2012); 6. religião (DAVIES; LEA, 1995), e gênero (Berg *et al.*, 2010; HUANG; KISGEN, 2013).

Dentre os fatores macroeconômicos determinantes do endividamento / inadimplência, foco deste estudo, destacam-se: 1. taxa de juros (LINARDI; FERREIRA, 2008; STETER; BARROS, 2012; RUBERTO *et al.*, 2013; VIEIRA; ROMA; FERREIRA, 2014; TIRYAKI *et al.*, 2017); 2. desemprego (ZERRENER, 2007; STETER; BARROS, 2008; RUBERTO *et al.*, 2013; VIEIRA; FLORES; CAMPARA, 2014; KUNKEL; VIEIRA; POTRICH, 2015); 3. hiato do produto, rendimento médio do pessoal ocupado, inflação (LINARDI; FERREIRA, 2008; RUBERTO *et al.*, 2013); 4. volume de vendas do comércio (RUBERTO *et al.*, 2013); 5. produto interno bruto (RUBERTO *et al.*, 2013; TIRYAKI *et al.*, 2017); 6. taxa de câmbio e índice de confiança do consumidor (BERG; BERGSTRÖM, 1996; RUBERTO *et al.*, 2013); 7. Oferta de crédito na economia (SBICCA, FLORIANI; JUK, 2012; VIEIRA; ROMA; FERREIRA, 2014).

Segundo relatório de estabilidade financeira do Banco Central (2015), a inadimplência é consequência natural do processo de endividamento. Em momentos em que a economia apresenta menores taxas de juros e maiores prazos para amortização e pagamento, é comum o aumento do volume de crédito para indivíduos e famílias. Dessa forma, a combinação de facilidade de acesso com taxas menores e prazos maiores leva ao aumento da propensão para contratar dívidas e acabam aumentando o nível de endividamento e o risco de não conseguir pagar seus compromissos até o vencimento, tornando-se inadimplentes. Na literatura sobre o tema há um consenso de que essa facilidade de acesso ao crédito tem contribuído significativamente para um nível maior de endividamento e inadimplência das pessoas e famílias (FEINBERG, 1986; THOMAS, DESAI; SEENIVASAN, 2011).

Uma das armadilhas dessa estrutura financeira conforme Lotman e Plihon (2008) é que a redução das restrições de financiamento pode dar a mais famílias o acesso ao crédito, democratizando seu acesso, ou reduzindo os custos dos empréstimos, para quem já possui acesso, aumentando com isso a propensão à contração de mais dívidas.

Como consequência, essa estrutura financeira, por um lado, tem propiciado a camadas importantes da população o acesso ao mercado de consumo, satisfazendo desde neces-

sidades básicas a supérfluas, e, por outro, proporcionando a consolidação do problema social da massificação do consumo, que ao ultrapassar a disponibilidade orçamentária do indivíduo ou da família, resulta no aumento do endividamento e, consequentemente, na inadimplência.

Conforme destacam Campara, Vieira e Ceretta (2016), a disseminação e facilidade de acesso ao crédito têm, ao mesmo tempo, auxiliado a vida das pessoas, que passam a ter uma ampla variedade de opções de recursos, mas também, estimulado o consumo inconsciente. Cenário este, que tem impulsionado a realização de diversos estudos com o intuito de compreender os determinantes do endividamento, pois as evidências da sua elevação são eminentes.

Desta forma, este trabalho tem como foco essa problemática, ao analisar o endividamento das famílias brasileiras diante de dois cenários econômicos diferentes.

2.3 Revisão da Literatura Empírica

Um dos trabalhos de referência da literatura econômico-financeira internacional, quando se trata da análise da relação dos ambientes financeiro e macroeconômico é Bernanke et al. (1999), no qual os autores desenvolveram um modelo que permitiu constatar a interação entre ciclo econômico e de crédito, a partir de uma relação forte e de retroalimentação entre esses dois ambientes.

Com foco na análise da armadilha que permeia a relação entre endividamento e crescimento econômico, evidenciando tanto os benefícios quanto os riscos associados ao crédito, o modelo proposto por Eggertsson e Krugman (2012) alerta para o fato de que elevados níveis de endividamento podem levar a uma redução do consumo e do investimento, resultando um crescimento econômico mais lento.

Em uma amostra composta por vários países, Claessens et al. (2012) analisaram a relação entre ciclo econômico e ciclo financeiro, constatando que recessões estão associadas a crises de inadimplência mais fortes sendo o efeito do ciclo econômico assimétrico. De maneira semelhante, Beck et al. (2013), também estudando uma amostra composta por vários países, por meio de um modelo com dados de painel, constataram que outras variáveis que não apenas o ciclo econômico, tais como taxa de câmbio e preços de ações podem influenciar o nível de inadimplência nos países.

Visando identificar a relação entre a taxa de inadimplência de instituições financeiras e fatores macroeconômicos, Linardi e Ferreira (2008) utilizou um modelo VAR (*Vector Autoregression*) com variáveis macroeconômicas (inadimplência, hiato do produto, renda, taxa Selic e expectativa de inflação). Constatou que a taxa de inadimplência apresentou relação negativa com o hiato do produto e o rendimento do pessoal ocupado, e uma relação positiva com a taxa de juros e a expectativa de inflação.

Lopes (2010), visando identificar uma possível relação de séries macroeconômicas com o endividamento e a inadimplência das pessoas físicas, utilizando modelos correção de erros (MCE) e de vetores autorregressivos (VAR), constatou que o endividamento das famílias não possui relação com a inadimplência, mas ambas as séries são sensíveis ao prazo médio das operações de crédito

O estudo de Fernandes e Souza (2010) teve como objetivo identificar relação entre inadimplência, *spread* das operações bancárias e outras variáveis macroeconômicas, utilizando dados de 2000 e 2009, em um modelo de regressão múltipla. Os resultados mostraram uma relação negativa entre *spread* e inadimplência para pessoas jurídicas (contrariando a teoria econômica) e positiva para pessoas físicas.

Steter e Barros (2012) conduziram estudo focado nos fatores econômicos que determinam a inadimplência das pessoas físicas, utilizando variáveis como a taxa de desemprego e a taxa de juros, constatando que oscilações na taxa de juros e a taxa de desemprego possuem correlação positiva com a taxa de inadimplência, apresentando esta última, pequenos períodos de controvérsia.

Utilizando de um modelo de regressão múltipla, o estudo de Ruberto et al. (2013), visou identificar o impacto de variáveis macroeconômicas sobre o endividamento das famílias brasileiras. Os autores constataram que as variáveis PIB, endividamento defasado e taxa de câmbio possuem relação significativa com o endividamento, sendo a relação positiva para as duas primeiras variáveis, e negativa para a última.

O estudo de Correa et al. (2014) teve por objetivo avaliar a relação entre crédito e ciclo econômico, explorando tanto a dimensão temporal quanto a dimensão de corte transversal.

Para isso, utilizaram micro dados extraídos de informações do Banco Central, que permitiram uma análise do crédito ao consumidor e para aquisição de veículos cobrindo o período de 2008 a 2013. Os resultados mostraram que uma recessão aumenta a probabilidade de inadimplência e perda nas carteiras de empréstimos.

Vieira, Roma e Ferreira (2014), analisaram a relação entre o nível de endividamento das famílias e taxa de juros SELIC, com taxa de crédito pessoal utilizando um modelo de série temporal (com testes econométricos pré-estimação e pós estimação) abrangendo o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2012. Constataram uma relação inversa entre endividamento das famílias e taxa de crédito pessoal e uma relação positiva entre taxa SELIC e taxa de crédito pessoal.

Kunkel, Vieira e Potrich (2015), avaliaram as causas e as consequências do endividamento no cartão de crédito a partir de fatores comportamentais, em uma amostra de 1.831 entrevistados dos estados de Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Maranhão por meio da aplicação de questionários. Constataram que apesar do baixo índice de endividamento no cartão de crédito dos participantes, seus determinantes seriam compras compulsivas, comportamento de uso no cartão de crédito e alfabetização financeira; e como consequências, o baixo nível de bem-estar financeiro e as emoções negativas.

Tiryaki et al. (2017), analisaram a relação entre a inadimplência do crédito e as variações cíclicas da atividade econômica no Brasil a partir de dados mensais do período compreendido entre 2001 e 2013. A análise econométrica a partir de um Modelo de Vetor Autorregressivo (VAR) confirmou a relação entre ciclos de crédito e flutuações econômicas. Considerando a análise de curto prazo dos ciclos de crédito, os resultados apontaram para a sensibilidade da inadimplência a variações na renda e nas taxas de juros.

Moraes, Sepúlveda e Roquete (2021) buscaram encontrar evidências empíricas das condições de crédito e da política monetária sobre o endividamento das famílias no Brasil, com dados de 2005 a 2020. Fazendo estimações de séries temporais através dos métodos dos mínimos quadrados ordinários, métodos generalizados de momentos (GMM) e do sistema GMM, constaram que a política monetária e as taxas de juros de crédito têm um impacto misto sobre a dívida das famílias. Um aumento nas taxas de juros reduz o estoque da dívida, porém, aumenta o comprometimento da renda das famílias.

O estudo de Leite Filho (2024) teve como objetivo identificar e quantificar a relação entre as variáveis macroeconômicas e o endividamento das famílias brasileiras numa percepção de séries temporais, considerando o período de 2012 e 2022. Foi constatada uma tendência de aumento de variáveis endividamento, percentual de famílias endividadas, volume de concessão de crédito, comprometimento da renda com serviço da dívida e custo do crédito. Uma correlação positiva entre o endividamento taxa de câmbio, con-

cessão ou facilitação de crédito, com a renda das famílias, taxa de desocupação, Índice de Confiança no Comércio e inflação e uma relação negativa moderada e significativa com a inadimplência e o custo de crédito.

O estudo de Vartanian e Oliveira (2024), utilizou um modelo vetorial com correção de erros (VECM), com as variáveis hiato do produto, nível de salários reais da mão de obra ocupada, taxa Selic e expectativas de inflação com o objetivo de identificar como choques nas variáveis macroeconômicas afetam o nível de inadimplência da carteira de crédito do SFN com destaque para a diferença de comportamento entre os bancos públicos, bancos privados nacionais e bancos estrangeiros. Constataram que a inadimplência do SFN é relativamente mais elástica em relação às variáveis reais da economia e menos elástica em relação às variáveis monetárias.

3. METODOLOGIA

Esta seção apresenta a metodologia utilizada para se atingir o objetivo de identificar e analisar as variáveis macroeconômicas que explicam o endividamento e a inadimplência da população brasileira, considerando o período 2012 a 2024. Trata-se de uma pesquisa descritiva, com abordagem quantitativa e do tipo *ex-post-facto*, que utilizou dados secundários extraídos do site do Sistema de Gestão de Séries Temporais do Banco Central do Brasil (SGS-BCB), Pesquisa de Endividamento e Inadimplência do Consumidor da Confederação Nacional do Comércio (PEIC-CNC), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipeadata) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

3.1 Base de dados e Variáveis

Os dados utilizados para a mensuração das variáveis utilizadas para estimar o modelo abrangem o período que vai de janeiro de 2012 até dezembro 2024, com 156 observações mensais, que cobrem os 13 anos do período. Este recorte temporal se deve à disponibilidade de alguns dos dados utilizados nas fontes consultadas.

A variável dependente é constituída de quatro séries de dados que mensuram o endividamento e a inadimplência das famílias brasileiras, obtidas de duas fontes diferentes: SGS-BCB e da PEIC-CNC. Os níveis de endividamento, dívidas em atraso e da inadimplência com os dados do BCB são menores, pois o levantamento é feito apenas no âmbito do sistema financeiro nacional, enquanto que o levantamento feito pela CNC é mais amplo, englobando qualquer tipo de dívida que a pessoa ou família tenha.

Os Quadros 1 e 2 apresentam, respectivamente, as variáveis dependentes e independentes, sua forma de cálculo, unidade de medida, sinal esperado e fonte.

QUADRO 1 – Descrição das Variáveis Dependentes

Variável	Sigla	Unidade Medida	Definição		Fonte
Endividamento Familiar	END_BCB	%	Endividamento das famílias com o Sistema Financeiro Nacional em relação à renda acumulada dos últimos doze meses.	N.A.	BCB-DSTAT
Inadimplência Pessoa Física	INAD_BCB	%	Somatório do saldo das operações de crédito livre e direcionado para PF com atraso acima de 90 dias e não baixado para prejuízo, dividido pelo saldo total de crédito da carteira	N.A.	BCB-DSTAT

Endividamento Familiar	END_ PEIC	%	Mostra a percentagem de famílias brasileiras endividadas, com base em dados de todas as capitais estaduais do distrito federal.	N.A.	PEIC-CNC
Inadimplência Familiar	INAD_ PEIC	%	Mostra a percentagem de famílias brasileiras inadimplentes (sem condições de pagar), com base em dados de todas as capitais estaduais do distrito federal.	N.A.	PEIC-CNC

FONTE: Elaboração própria com dados do BCB-DSTAT e da PEIC-CNC.

No Sistema de Gestão de Séries Temporais do Banco Central do Brasil (SGS-BCB) estão presentes séries temporais de dados com informações econômicas e do mercado financeiro, podendo ser consultadas na aba “Economia e Finanças”.

A Confederação Nacional do Comércio (CNC) é uma entidade sindical do comércio, composta por 34 federações patronais e 999 sindicatos mais representativos desse setor. Essa entidade apura e disponibiliza mensalmente a Pesquisa Nacional de Endividamento e Inadimplência do Consumidor (PEIC) desde janeiro de 2010, com dados coletados em todas as capitais dos estados e no Distrito Federal, com aproximadamente 18 mil consumidores. O objetivo deste levantamento é gerar indicadores de endividamento e de inadimplência, que possibilitam traçar um perfil do endividamento, acompanhar o nível de comprometimento do consumidor com dívidas e a percepção em relação à sua capacidade de pagamento.

No modelo foram inseridas duas variáveis *dummies*, sendo uma para capturar os efeitos da crise da economia brasileira, na qual foram considerados os 12 trimestres de variação negativa do PIB, período que foi do segundo trimestre de 2014 ao primeiro trimestre de 2017. E a segunda para capturar os efeitos da crise da pandemia do Covid-19, na qual foram considerados os meses de março de 2020 a dezembro de 2021.

QUADRO 2 – Descrição das Variáveis Independentes

Variável	Sigla		Definição	Fonte
Produto Interno Bruto	LNPIB	LN(R\$)	Logaritmo Natural da soma de todas as riquezas finais produzidas no país mensalizada via interpolação dos valores trimestrais já divulgados ou dos projetados.	BCB-SGS
Taxa de Câmbio	CAMB	%	R\$/US\$ comercial médio de compra.	BCB-SGS
Taxa de Juros	SELIC	%	Taxa básica de juros da economia definida pelo COPOM/BCB.	Ipeadata
Índice Geral de Preço ao Consumidor Amplo	IPCA	%	Mede a variação dos custos com os gastos de famílias com rendimentos mensais compreendidos entre 1 (um) e 40 (quarenta) salários mínimos, qualquer que seja a fonte de rendimentos, e residentes nas áreas urbanas das regiões metropolitanas e nas capitais dos estados.	IBGE

Spread Médio das Operações de Crédito	SPREAD	%	É a diferença entre as taxas de juros cobradas nos empréstimos e o custo de captação dos recursos pelas Instituições no SFN.	BCB-DSTAT
Comprometimento da Renda Familiar com Serviços da Dívida	COMREN	%	Comprometimento de renda das famílias com o serviço da dívida com o SFN (RNDBF) ajustado sazonalmente.	BCB-DSTAT
Taxa de Desemprego	DESEMP	%	Pesquisa domiciliar nacional com indivíduos acima de 10 anos.	IBGE – PNADC
Rendimento Médio	REND	R\$	Rendimento médio domiciliar de todas as fontes de renda.	IBGE – PNADC
Taxa de Juros Crédito SFN	TXCRE	%	A taxa média de juros cobrados em novas operações de crédito livre e direcionado no SFN (exceto rotativo).	BCB-DSTAT
Índice de Confiança do Consumidor	ICC	Pontos	Mede as expectativas atuais e futuras dos consumidores em relação à situação econômica do país.	BCB-SGS
Índice de Confiança das Famílias	ICF	Pontos	Mede o grau de satisfação e insatisfação dos consumidores: < 100 pontos, indica percepção de insatisfação; > 100 pontos (limite 200 pontos) indica satisfação em termos de seu emprego, renda e capacidade de consumo.	CNC
Dummy Crise da Economia Brasileira	D_BR	NA	Período de 12 trimestres de variação negativa do PIB, que foi do segundo trimestre de 2014 ao primeiro trimestre de 2017.	IBRE-FGV
Dummy pandemia Covid-19	D_COV	NA	Período de 21 meses (mar./2020 a dez./2021) durante o qual medidas foram tomadas pelas autoridades governamentais.	

FONTE: Elaboração própria.

O Quadro 3 apresenta o sinal esperado, o racional de cada variável independe a fonte operacional de cada uma.

Variável	Sinal	Racional Literatura Econômico-Financeira	Fonte Operacional
Produto Interno Bruto (PIB)	+ ou -	Um aumento do PIB geralmente leva a um aumento da renda familiar, o que pode facilitar o acesso ao crédito e, conseqüentemente, aumentar o endividamento. Por outro lado, um cenário de desaceleração econômica, com queda do PIB, pode levar à perda de empregos e redução da renda familiar, tornando mais difícil a manutenção do orçamento doméstico, levando as famílias a se endividarem no mercado financeiro. Relação esperada também para a variável inadimplência, com o crescimento do PIB tendendo a reduzi-la, enquanto uma recessão podendo aumentá-la.	Ruberto et al., 2013; Tiryaki et al., 2017; Vartanian e Oliveira (2024).
Taxa de Câmbio	+	Uma depreciação cambial pode causar aumento no custo de insumos de produtos e serviços, resultando em pressão inflacionária, aumentando, por consequência, o custo de vida das famílias, exigindo a busca por crédito e dificultando o pagamento de dívidas.	Berg & Bergström, 1996; Ruberto et al., 2013.
Taxa de Juros (SELIC)	+	Um cenário macroeconômico de alta na taxa de juros geralmente está associado a um cenário de inflação elevada, a qual reduz o poder de compra da população, levando muitas famílias a ter que se endividar para fechar o orçamento doméstico. Juros elevados podem fazer com que as famílias comprometam um percentual maior da renda para a amortização e pagamento dos juros das dívidas, levando ao não pagamento de algumas das despesas do orçamento doméstico, aumentando a inadimplência.	Linardi e Ferreira, 2008; Steter e Barros, 2012; Ruberto et al., 2013; Vieira, Roma e Ferreira, 2014; Tiryaki et al., 2017; Bacen (2012).
Índice Geral de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA)	+	Aumento dos preços reduz o poder de compra das famílias, levando-as a buscar mais crédito para consumo ou cobrir despesas essenciais. Contextos inflacionários elevados podem levar a aumentos nas taxas de juros, tornando o crédito mais caro e dificultando o pagamento das dívidas existentes, aumentando a inadimplência.	Linardi e Ferreira, 2008; Ruberto et al., 2013; Vartanian e Oliveira (2024).
Spread Médio das Operações de Crédito	-	Uma vez que o <i>spread</i> é um dos componentes da taxa de juros cobrada nas operações de crédito, aumentos dessa variável tendem a aumentar o custo do dinheiro no mercado financeiro, levando a uma diminuição da demanda por esse tipo de operação.	Lopes, 2012.

Comprometimento da Renda Familiar com Serviços da Dívida	+	Um alto comprometimento da renda pode levar a dificuldades financeiras, gerando um ciclo vicioso de aumento da dívida e, em casos mais graves, levando à inadimplência.	Proposta nesta pesquisa.
Taxa de Desemprego	+	O desemprego é uma das causas do endividamento, pois a perda de renda compromete o orçamento doméstico e leva as pessoas a contratarem empréstimos para cobrir despesas básicas do dia-a-dia. Famílias que já estão endividadas, a redução de renda que ele ocasiona leva a um aumento da probabilidade de se tornarem inadimplentes.	Zerrenner, 2007; Steter e Barros, 2008; Keese, 2012; Ruberto et al., 2013; Vieira, Flores e Campara, 2014; Kunkel, Vieira e Potrich, 2015.
Rendimento Médio	-	Pessoas com menor renda apresentam propensão maior ao endividamento, seja para antecipar decisões de consumo, seja para complementar o orçamento familiar, devido a dificuldades em cobrir despesas básicas ou em situações de emergência. Além disso, é esperado um aumento da inadimplência em um cenário de redução da renda.	(Zerrenner, 2007); Linardi e Ferreira, 2008; Ruberto et al., 2013.
Índice de Confiança do Consumidor	-	A confiança do consumidor tende a aumentar em um cenário econômico favorável, de baixas taxas de desemprego, de inflação e de juros, levando as pessoas a contratarem menos crédito e reduzindo a inadimplência, pois muitas pessoas aproveitam o momento para se recolocar no mercado de trabalho, voltando a ter ou aumentando a renda, permitindo que façam a quitação de dívidas em atraso.	Berg & Bergström, 1996; Ruberto et al., 2013.
Dummy Crise Economia Brasileira	+	Rupturas no cenário macroeconômico podem resultar tanto no aumento do endividamento, quanto da inadimplência, devido às inúmeras dificuldades enfrentadas pela população diante dos desdobramentos econômicos que as crises acarretam: desaceleração econômica, com queda do PIB, perda de empregos e redução da renda familiar.	Proposta nesta pesquisa.
Dummy Crise Pandemia Covid-19	+		Proposta nesta pesquisa.

FONTE: Elaboração própria.

3.2 Modelos Econométricos

O Modelo de Regressão Múltipla foi utilizado como método de estimação dos modelos econométricos, que, de acordo com Wooldrige (2023), permite que se controle explicitamente vários fatores, por meio das análises de k variáveis independentes x que, de

maneira simultânea, afetam a variável dependente y . Como são relacionadas diferentes variáveis x que podem influenciar a variável y , este modelo gera resultados consistentes sobre a correlação entre essas variáveis.

Considerando um Modelo de Regressão Múltipla com k variáveis independentes, a equação genérica do modelo é:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k + u \quad (1)$$

Sendo y o endividamento e/ou a inadimplência; β_0 é o intercepto do modelo; β_1 é o parâmetro associado a x_1 ; β_2 é o parâmetro associado a x_2 ; β_3 é o parâmetro associado a x_3 , e assim por diante até a variável k . As variáveis independentes (k) inseridas no modelo são: desemprego, renda média, taxa de juros (SELIC), inflação (IPCA), PIB, Câmbio, taxa de juros do crédito, comprometimento da renda, *spread* do crédito e Índice de Confiança do Consumidor. A variável u é o termo de erro que, além de conter os fatores $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$, abrange outros fatores que podem afetar y . Independente de quantas variáveis sejam escolhidas, sempre haverá atores que não são passíveis de serem incluídos no modelo e, por isso, estão contidos em u .

Na análise foi utilizado o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que como mostra Wooldrige (2023), escolhe as estimativas que minimizam a soma dos quadrados dos resíduos, ou seja, permite que o modelo se torne mais preciso. No caso geral com k variáveis independentes, procura-se estimar os coeficientes $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ na equação:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_3 x_3 + \dots + \hat{\beta}_k x_k \quad (2)$$

Para entender o que o resultado obtido com a aplicação do MQO, é importante compreender bem o significado de indexação de variáveis independentes. Essas variáveis ganham dois subscritos: 1. i que se refere ao número de observações, e; 2. j que se refere ao número de variáveis seguido de um número (1, 2, 3, k). Logo, a denotação x_{ij} significa a i – ésima observação da j – ésima variável independente. Assim, as estimativas de MQO $k + 1$ das variáveis foram escolhidas para minimizar a soma dos quadrados dos resíduos da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \hat{\beta}_3 x_{i3} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik})^2 \quad (3)$$

O intercepto $\hat{\beta}_0$ na equação (3) é o valor previsto de y quando $x_1 = 0$ e $x_2 = 0$. As estimativas $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3, \dots, \hat{\beta}_k$ têm interpretações de efeito parcial. Isso significa dizer que se pode obter a variação prevista em y dadas as variações nas demais variáveis. Dessa forma, tem-se:

$$\Delta \hat{y} = \hat{\beta}_1 \Delta x_1 + \hat{\beta}_2 \Delta x_2 + \hat{\beta}_3 \Delta x_3 + \dots + \hat{\beta}_k \Delta x_k \quad (4)$$

Ao obter a reta de regressão de MQO, obtém-se um valor ajustado ou previsto para cada observação. Normalmente, para cada observação i , o valor real de y_i não se iguala ao valor previsto $\hat{y}_i$.

Para garantir que o modelo escolhido gere valores previstos capazes de representar a realidade dos dados, é imprescindível que este esteja ajustado corretamente. Como forma de garantir esse ajuste, é feita análise por meio do coeficiente R^2 (R-quadrado). Esse coeficiente pode ser interpretado como a proporção da variação da amostra em y_i que é explicada pela reta de regressão de MQO. Por definição, esse coeficiente é um número entre zero e um, e quanto mais próximo de um, mais ajustado é o modelo.

Visando mitigar os problemas que podem viesar a estimação, foram adotados os procedimentos e realizados os seguintes testes de diagnósticos:

- Estimação dos quatro modelos com desvio padrão robusto à heteroscedasticidade e à autocorrelação (Newey-West HAC);
- Teste de Shapiro-Wilk (SW) visando verificar a normalidade dos resíduos, o qual testa a hipótese nula do erro possuir distribuição normal contra a não-normalidade dos resíduos;
- Teste de Breusch-Pagan visando identificar a heterocedasticidade, o qual testa a hipótese nula de variância dos resíduos homogênea contra a alternativa de que as variâncias dos erros são heterocedásticas;
- Teste LM de Breusch-Godfrey para verificar a autocorrelação dos resíduos, o qual testa a hipótese nula de que os resíduos não apresentam correlação serial, contra a alternativa de resíduos autocorrelacionados;
- Teste VIF (*Variance Inflation Factor*) para identificar níveis de multicolinearidade que poderiam causar problemas à estimação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados da análise dos dados relacionados ao endividamento e à inadimplência de famílias brasileiras, considerando o período de 2012 a 2024. De início faz-se uma discussão sobre a evolução do crédito, do endividamento e da inadimplência no período estudado.

4.1 Crédito, Endividamento e Inadimplência no Brasil, Evolução (2012-2024)

Conforme mencionado anteriormente, um fator que vem contribuindo para o crescimento do endividamento das famílias, no período analisado neste estudo, é a facilidade de obtenção e o aumento da concessão de crédito no mercado brasileiro. Conforme se observa na figura 4, o volume de crédito do Sistema Financeiro Nacional (SFN) destinado às pessoas físicas passou de R\$ 934,1 bilhões em janeiro de 2012 para R\$3,948 trilhões em dezembro de 2024, apresentando crescimento de 322,65% no período, com destaque para os anos pós pandemia, contexto que acentuou ainda mais esse crescimento.

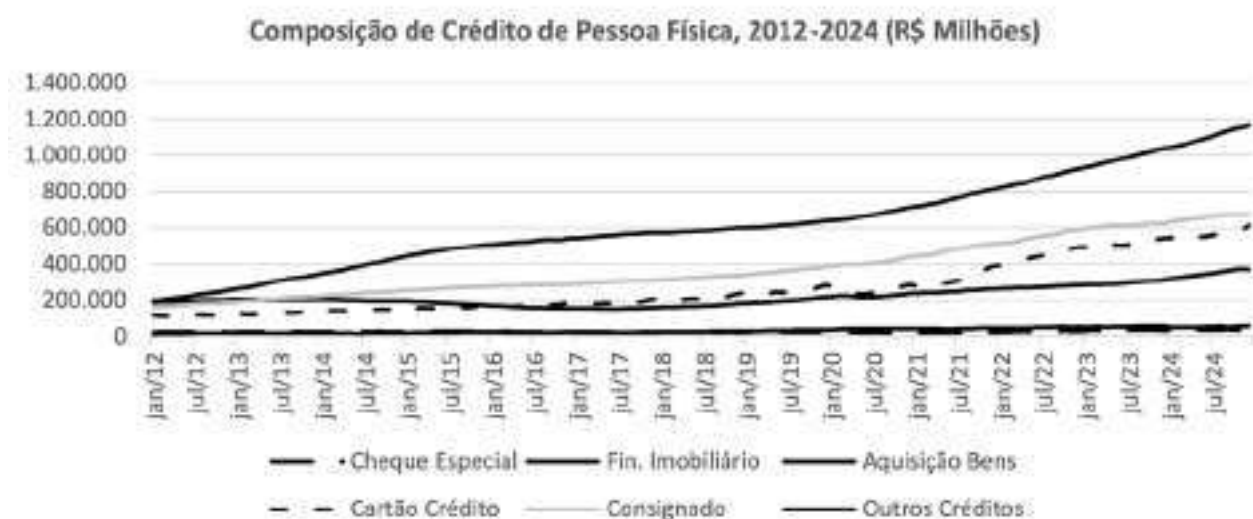
Figura 4 – Evolução do Saldo das Operações de Crédito do SFN – Pessoas Físicas



Fonte – Elaboração própria, com dados do SGS-BCB (2025).

Segundo Ahearne e Wolff (2012), grande parte do endividamento familiar tende a se concentrar no financiamento imobiliário, considerando países desenvolvidos com níveis de endividamento elevado, o que é justificado pelo alto valor dessas operações. Conforme se observa na figura 5, essa situação também é característica do mercado brasileiro. O saldo médio do endividamento mensal dessa modalidade de crédito aumentou 497,81%, enquanto o crédito para aquisições de bens (veículos), que figura em quarto lugar no saldo de crédito, apresentou variação menor, de 90,19%, no período analisado. Merece destacar também que o saldo total das operações com cartão de crédito (à vista, parcelado e rotativo) apresentou crescimento de 441,24% no período, e de maneira mais acentuada nos anos pós pandemia do Covid-19, com tendência a alcançar o saldo das operações com crédito consignado, que figura em segundo lugar (variação de 320,5%). A expressiva variação do saldo total das operações com cartão de crédito, com o pequeno crescimento do saldo de crédito com cheque especial (50,05%), sugere a possível substituição da utilização deste último pelo primeiro, coerente com o histórico do aumento da inserção deste meio de pagamento no país nos últimos 30 anos.

Figura 5 – Evolução da Composição do Crédito - Pessoas Físicas (2012-2024)



Fonte – Elaboração própria, com dados do SGS-BCB (2025).

Apesar da maior facilidade de acesso ao crédito, o comprometimento da renda das famílias com suas dívidas apresentou variação modesta (2,17 p.p.), saltando de 24,51% em janeiro de 2012 para 26,68% em dezembro de 2024 (figura 6). Entretanto, se retroagirmos até o início da série (janeiro de 2005), este percentual cai para 16,99%, mostrando um aumento de quase 10,0 p.p. nos últimos 20 anos. Ademais, é possível observar pequena redução deste comprometimento durante os anos da crise econômica brasileira (2015 a 2017) e da pandemia do Covid19 (2020), reflexo, provavelmente, de subsídios e repasses de recursos por parte das autoridades públicas à população.

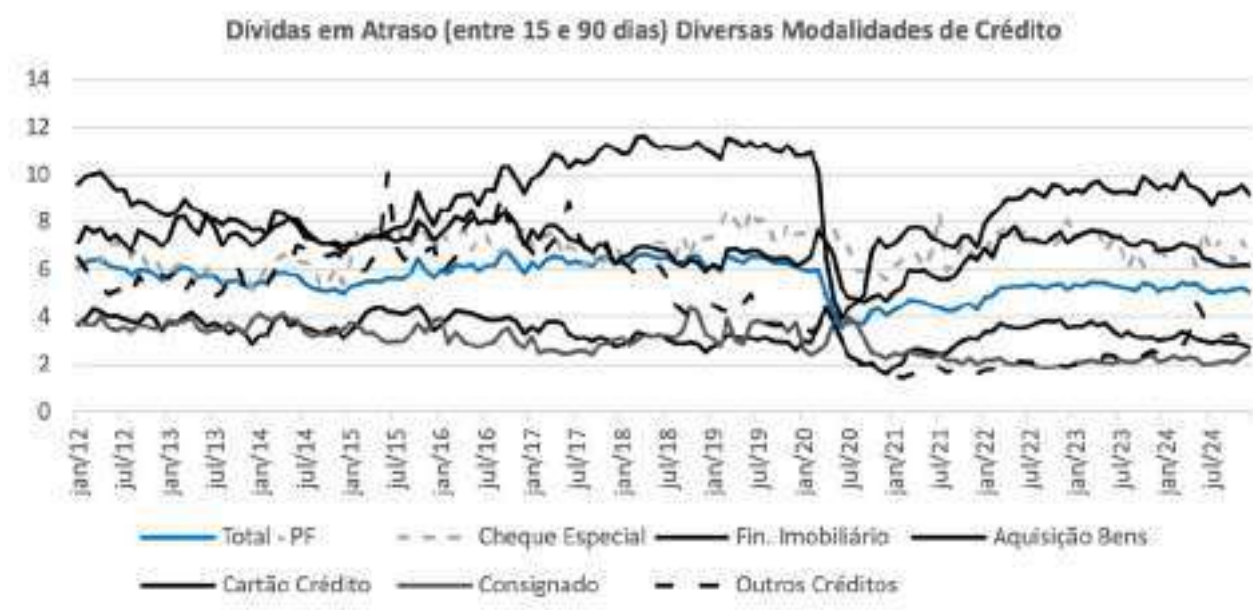
Figura 6– Evolução do Comprometimento da Renda das Famílias com o Endividamento.



Fonte – Elaboração própria, com dados do SGS-BCB (2025).

A figuras 7 mostra a evolução das dívidas com atrasos nos pagamentos (entre 15 e 90 dias) entre os anos de 2012 e 2024, cujos percentuais médios totais (todas as modalidades) foram de 5,59% e 3,89%, respectivamente. Merece destacar de início a queda observada durante os anos da pandemia do Covid-19, como consequência das medidas tomadas pelas autoridades governamentais para enfrentar os problemas ocasionados por essa crise sanitária, com graves desdobramentos econômicos.

Figura 7 – Evolução das Dívidas em Atraso Pessoa Física – Diversas Modalidades de Crédito, 2012-2024.



Fonte – Elaboração própria, com dados do SGS-BCB (2025).

Por fim, merece destacar os percentuais médios dos atrasos (6,85%) e inadimplência (13,61%) do cheque especial, que ocupam a terceira e a primeira posição respectivamente no período analisado, a despeito da sua baixa participação no volume total das dívidas das famílias.

4.2 Estatísticas Descritivas das Variáveis

Visando colher indícios de possíveis problemas de multicolinearidade, inicialmente foi feita análise exploratória dos dados, por meio da análise da matriz de correlação entre as variáveis independentes, visando identificar aquelas com alto grau de associação linear. Pestana e Gageiro (2000), sugerem uma convenção para se analisar o coeficiente de correlação (R): menor que 0,200 indica associação muito baixa, entre 0,200 e 0,300 baixa, entre 0,400 e 0,690 moderada, entre 0,700 e 0,890 alta e por fim, entre 0,900 e 1,000 associação muito alta.

Levando-se em conta essa convenção, optou-se por não inserir no modelo duas variáveis devido ao potencial de apresentar problemas de multicolinearidade, sendo a taxa de juros do crédito no SFN, que apresentou correlação elevada com o *spread* do crédito do SFN (0,724), comprometimento da renda (0,707) e SELIC (0,861); e o índice de confiança das famílias, que apresentou correlação de 0,805 com o índice de confiança do consumidor. As variáveis câmbio e PIB, apesar da correlação elevada (0,890), devido à sua relevância teórica e macroeconômica foram mantidas no modelo.

Tabela 1 – Matriz de Correlação de Pearson entre as Variáveis Independentes

	SPREAD 0,2051**	COMREN	TXCRE	DESEMP	RENDA	SELIC	IPCA	LNPIB	CAMB	ICC	ICF	D_BR
COMREN												
TXCRE	0,724***	0,707***										
DESEMP	0,183***	-0,512***	-0,321***									
RENDA	-0,103	-0,009	-0,058	0,038								
SELIC	0,553***	0,600***	0,861***	-0,522***	-0,213***							
IPCA	-0,267***	0,000	-0,135	-0,058	-0,304***	-0,009						
LNPIB	-0,040	0,614***	0,339***	0,034	0,454***	0,091	-0,040					
CAMB	-0,122	0,389***	0,102	0,345***	0,424***	-0,144*	0,021	0,890***				
ICC	-0,265***	0,115	-0,164**	-0,504***	-0,035	-0,164**	-0,052	-0,200**	-0,378***			
ICF	-0,288***	0,071	-0,093	-0,769***	-0,026	0,082	-0,008	-0,425***	-0,640***	0,805***		
D_BR	0,418***	-0,072	0,300***	-0,053	-0,200**	0,539***	0,173*	-0,364***	-0,326***	-0,476***	-0,098	
D_COV	-0,482***	-0,312***	-0,620***	0,538***	0,130	-0,634***	0,156*	0,175**	0,494***	-0,188**	-0,427***	-0,222***

Nota: SPREAD = spread médio das operações de crédito no SFN; COMREN = comprometimento da renda; TXCRE = taxa de juros média do crédito SFN; DESEMP = taxa desemprego; RENDA = renda média; SELIC = taxa básica de juros da economia; IPCA = inflação; LNPIB = logaritmo neperiano do PIB; ICC = índice de confiança do consumidor; ICF = índice de confiança das famílias; D_BR = *dummy* crise economia brasileira; D_COV = *dummy* pandemia do Covid-19. FONTE: Elaboração própria.

A tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis dependentes. Como já mencionado, os percentuais apurados pelo Banco Central (BCB) são menores do que os apurados pela PEIC-CNC, pois abrangem apenas dados ligados ao SFN. Observa-se que o valor médio do endividamento foi de 41,62% e 66,12%, respectivamente, considerando as duas fontes de dados. Já a inadimplência média, que configura a situação mais grave do endividamento, foi de 3,89% e de 9,48%, respectivamente. Os maiores percentuais de endividamento das séries de dados do BCB (49,88%) e da PEIC (79,3%), foram observados nos meses de julho de 2022 e setembro de 2022, respectivamente.

Tabela 2 – Estatísticas Descritivas Variáveis Dependentes

Estatísticas	EBCB (%)	IBCB (%)	EPEIC (%)	IPEIC (%)
Média	41,62	3,89	66,12	9,48
Mediana	39,64	3,84	62,95	9,80
Mínimo	36,80	2,84	55,90	5,40
Máximo	49,88	5,51	79,30	13,00
Desv. Pad.	4,39	0,61	7,30	1,95
Assimetria	0,811	0,84	0,74	-0,24
Curtose	-1,003	0,781	-1,023	-0,919
Observações	156	156	156	156

Nota: EBCB = nível de endividamento pessoas físicas SGS-BCB; IBCB = inadimplência pessoas físicas SGS-BCB; EPEIC = nível de endividamento das famílias PEIC-CNC; IPEIC = inadimplência das famílias PEIC-CNC. FONTE: Elaboração própria.

A tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis independentes. Conforme se observa, a média das variáveis SPREAD (24,17%) e SELIC (0,739% a.m.) justifica a incômoda posição do Brasil, em termos mundiais, de ter um dos maiores *spreads* bancários e uma das maiores taxas básicas de juros do mundo. Como era de esperar, os valores máximos dessas duas variáveis ocorreram nos meses de agosto e outubro de 2016, auge da crise da economia brasileira. O IPCA apresentou média de 0,473% a.m., enquanto que o seu maior valor (1,620% a.m.) foi observado no mês de março de 2022, reflexo dos desdobramentos das políticas econômicas adotadas para enfrentamento da crise do Covid-19. A taxa de desemprego média ficou próxima de 10%, com mediana elevada de 9,200% e oscilou entre 6,100% (set./25) e 14,900% (jul./2020). A renda média do mercado de trabalho oscilou entre \$2.846,00 (out./21) e \$3.324,00 (jan./24), com destaque positivo de ter a mediana (\$3.075,00), maior do que seu valor médio (\$3.074,83), enquanto o comprometimento médio da renda das famílias com o serviço da dívida com o SFN foi de 24,08%, com o menor e o maior percentuais sendo apurados nos meses de agosto/20 e abril/23, respectivamente. A taxa média do câmbio foi de \$3,860, com o valor mínimo (\$1,718) apurado em fevereiro/12 e o valor máximo (\$6,096) apurado em dezembro/24, reflexo da desconfiança do mercado no equilíbrio fiscal do terceiro mandato do governo Lula. Apesar de estar em base logarítmica, o PIB médio mensal foi de \$425,45 bilhões, oscilando entre \$367,22 e \$1.062,00 bilhões no período. Por fim, o Índice de Confiança do Consumidor apresentou média de 118,622, ficando abaixo de

100,000 pontos apenas em 17 dos 156 meses analisados nesta pesquisa. Seu menor valor (84,550) foi apurado durante a crise da economia brasileira (jul.15) e seu valor máximo (170,180) em fevereiro/12.

Tabela 3 – Estatísticas Descritivas Variáveis Independentes

Estatísticas	SPREAD	COMREN DESEMP		RENDA	SELIC	IPCA	LNPIB	CAMB	ICC
Média	24,171	24,083	9,996	3.074,83	0,739	0,473	13,308	3,860	118,622
Mediana	23,870	23,705	9,200	3.075,00	0,790	0,440	13,246	3,807	113,650
Mínimo	18,590	20,150	6,100	2.846,00	0,130	-0,680	12,814	1,718	84,550
Máximo	33,070	27,750	14,900	3.324,00	1,220	1,620	13,876	6,096	170,180
Desv. Pad.	3,502	1,687	2,684	103,65	0,287	0,372	0,273	1,241	19,548
Assimetria	0,631	0,373	0,183	0,406	-0,359	0,198	0,405	-0,070	0,787
Curtose	0,062	-0,265	-1,422	0,070	-0,819	0,653	-0,856	-1,322	0,270
Observações	156	156	156	156	156	156	156	156	156

Nota: SPREAD = *spread* médio das operações de crédito no SFN; COMREN = comprometimento da renda; DESEMP = taxa desemprego; RENDA = renda média; SELIC = taxa básica de juros da economia; IPCA = inflação; LNPIB = logaritmo neperiano do PIB; CAMB = taxa de câmbio; ICC = índice de confiança do consumidor. FONTE: Elaboração própria.

Em termos estatísticos, o fato de a média se situar próxima à mediana em todas as variáveis é um indicador de possível normalidade das séries de dados analisadas. Os resultados sinalizam que as variáveis analisadas nesta pesquisa apresentam médias e desvios padrões de diferentes magnitudes, como era de se esperar por se tratar de diferentes tipos de variáveis macroeconômicas. Ademais, observa-se que as variáveis, em geral, são positivamente assimétricas e ligeiramente platicúrticas.

4.3 Resultados do Modelo de Regressão

Inicialmente são apresentados os testes de atendimento aos pressupostos do modelo de regressão múltipla, os problemas identificados e as técnicas utilizadas para contorná-los. Conforme já era esperado a partir dos resultados observados na matriz de correlação, três das principais variáveis macroeconômicas (PIB, câmbio e desemprego) do modelo apresentaram problemas de multicolinearidade ($VIF > 10,000$), conforme se observa na tabela 4.

Tabela 4 – Teste VIF

Variável	LNPIB	CAMB	SELIC	IPCA	SPREAD	COMREN	DESEMP	RENDA	ICC	DCBR	DCOV
VIF	13,950	21,398	9,664	1,507	7,028	8,713	13,282	3,123	4,977	4,625	4,761

FONTE: Elaboração própria.

Devido à sua relevância teórica e macroeconômica optou-se por mantê-las no modelo e, para contornar o problema causado pela multicolinearidade, utilizou-se da Regressão

Ridge (L2 ou Tikhonov regularização), que consiste em uma técnica estatística que corrige esse problema, ao reduzir os coeficientes da regressão, de modo que as variáveis com menor contribuição para o resultado, tenham seus coeficientes tendendo a zero, mas sem eliminá-los completamente. O encolhimento dos coeficientes é obtido penalizando o modelo de regressão com um termo chamado norma L2, que é a soma dos quadrados dos coeficientes (Conniffe & Stone, 1973). Dessa forma, essa técnica permite que todas as variáveis sejam mantidas no modelo.

Conforme se observa na tabela 5, três das quatro variáveis apresentaram normalidade dos resíduos (IBCB, EPEIC e IPEIC). Apenas a variável EBCB não teve a normalidade confirmada, mas dado que a amostra analisada é de 156 observações, com base no Teorema Central do Limite, optou-se por prosseguir com a análise.

Tabela 5 – Estatísticas do Modelo de Regressão

Testes Estatísticas	Estatísticas	Variáveis Dependentes			
		EBCB	IBCB	EPEIC	IPEIC
Teste de Shapiro-Wilk	w	0,982	0,987	0,990	0,987
	p-valor	0,041	0,169	0,338	0,160
BP Teste de Breusch-Pagan	BP	42,990	38,879	28,981	26,683
	p-valor	0,000	0,000	0,002	0,005
LM test Teste de Breusch-Godfrey	LM test	72,967	85,815	82,001	52,074
	p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota: EBCB = nível de endividamento pessoas físicas SGS-BCB; IBCB = inadimplência pessoas físicas SGS-BCB; EPEIC = nível de endividamento das famílias PEIC-CNC; IPEIC = inadimplência das famílias PEIC-CNC. FONTE: Elaboração própria.

Além disso, foi utilizado o procedimento Newey-West que é recomendado quando os resíduos apresentam autocorrelação e heteroscedasticidade (tabela 5). Trata-se de uma técnica que produz estimativas consistentes da matriz de covariância de parâmetros em modelos de regressão, pois ajusta o estimador de MQO, ao reduzir o peso de resíduos mais distantes no tempo, diminuindo assim, a influência da autocorrelação. Como consequência, obtém-se um estimador da matriz de covariância que é consistente, mesmo na presença de autocorrelação e heteroscedasticidade, fornecendo estimativas mais confiáveis dos erros padrão e intervalos de confiança.

Tabela 6 – Resultados das Estimativas do Endividamento das Famílias Brasileiras, 2012-2024.

	Variáveis Dependentes								
	EBCB			IBCB		EPEIC		IPEIC	
	SE	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor
Intercepto	NA	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
LNPIB	+/-	0,046	0,153	-0,250	0,001	-0,430	0,000	-0,261	0,000
CAMB	+	-0,019	0,681	0,191	0,017	0,113	0,042	0,143	0,007
SELIC	+	0,426	0,000	-1,061	0,000	0,442	0,000	0,592	0,000
IPCA	+	0,411	0,000	0,702	0,000	0,500	0,000	0,407	0,000
SPREAD	-	0,143	0,002	0,188	0,059	0,231	0,011	0,000	0,999
COMREN	+	-0,020	0,271	-0,046	0,193	-0,045	0,164	0,010	0,682
DESEMP	+	-0,253	0,000	0,657	0,000	0,446	0,000	0,503	0,000
REND	-	0,304	0,000	-0,246	0,002	-0,240	0,003	-0,309	0,000
ICC	-	-0,031	0,619	-0,815	0,000	-0,193	0,071	-0,140	0,055
D_CBR	+	-0,162	0,000	-0,082	0,216	-0,098	0,060	0,018	0,680
D_COV	+	0,080	0,017	0,393	0,000	-0,021	0,739	0,020	0,733
R2		0,974	---	0,906	---	0,921	---	0,939	---
R2 ajustado		0,972	---	0,899	---	0,915	---	0,934	---
Erro padrão resíduos		0,168	---	0,318	---	0,291	---	0,256	---
Estatística F		488,853	0,000	126,700	0,000	153,100	0,000	201,500	0,000

Nota: SE = sinal esperado; NA = não se aplica; EBCB = nível de endividamento pessoas físicas SGS-BCB; IBCB = inadimplência pessoas físicas SGS-BCB; EPEIC = nível de endividamento das famílias PEIC-CNC; IPEIC = inadimplência das famílias PEIC-CNC; LNPIB = logaritmo neperiano do PIB; CAMB = taxa de câmbio; SELIC = taxa básica de juros da economia; IPCA = inflação; SPREAD = spread médio das operações de crédito no SFN; COMREN = comprometimento da renda; DESEMP = taxa desemprego; REND = renda média; ICC = índice de confiança do consumidor; D_BR = *dummy* crise economia brasileira; D_COV = *dummy* pandemia do Covid-19. FONTE: Elaboração própria.

Analisando a significância global dos modelos, conforme se observa na tabela 6, o teste F sinaliza que todos os modelos são significantes na explicação da variabilidade das duas variáveis dependentes. Além disso, o poder de explicação foi elevado, ficando acima de 90% nos quatro modelos.

Considerando os modelos com o endividamento como variável dependente (EBCB e EPEIC) - Tabela 6 -, das 11 variáveis explicativas, nove apresentaram significância estatística ($p\text{-valor} < 0,050$) para um ou para os dois modelos. Somente as variáveis Comprometimento da Renda e Índice de Confiança do Consumidor não apresentaram

significância estatística. Já nos modelos com a inadimplência como variável dependente (IBCB e IPEIC), -Tabela 6 -, das 11 variáveis explicativas, oito apresentaram significância estatística ($p\text{-valor} < 0,050$) para um ou para os dois modelos. As variáveis *spread* bancário, comprometimento da renda e *dummy* para a crise da economia brasileira não apresentaram significância estatística.

Em termos teóricos, o PIB apresenta relação dúbia com o endividamento. Por um lado, um cenário de crescimento econômico (aumento do PIB), geralmente leva ao aumento da renda familiar, o que pode facilitar o acesso ao crédito e, conseqüentemente, aumentar o endividamento. Por outro lado, um cenário de desaceleração econômica, com queda do PIB, pode levar à perda de empregos e redução da renda familiar, tornando mais difícil a manutenção do orçamento doméstico, levando as famílias a contratar crédito no mercado financeiro. Os resultados desta pesquisa estão em linha com esta última explicação, ao sinalizar para uma relação negativa e com significância estatística entre crescimento econômico e endividamento, contrariando os achados de Ruberto et al. (2013) e do estudo do Banco Central (2012), na análise da insolvência em instituições financeiras.

Essa dubiedade também é observada na relação entre o PIB e a inadimplência, com o crescimento do PIB tendendo a reduzi-la, enquanto uma recessão pode aumentá-la. O crescimento do PIB reflete uma economia aquecida, com mais empregos, aumento da renda e maior capacidade de consumo das famílias, o que pode reduzir a inadimplência. Por outro lado, um cenário de recessão pode levar a aumentar o desemprego, reduzindo assim a renda, gerando dificuldades financeiras para as famílias e aumentando a probabilidade de inadimplência. Os achados desta pesquisa estão em linha com esta última explicação, ao sinalizar para uma relação negativa e com significância estatística entre o PIB e inadimplência, resultados semelhantes foram encontrados por Vartanian e Oliveira (2024).

A relação positiva e estatisticamente significativa da variável câmbio, tanto com o endividamento (apenas no modelo EPEIC), quanto com a inadimplência (IBCB e IPEIC), está em linha com o que era esperado, uma vez que a depreciação cambial pode causar aumento no custo de insumos de produtos e serviços, resultando em pressão inflacionária, aumentando, por consequência, o custo de vida das famílias, exigindo a busca por crédito no mercado financeiro. Esses resultados vão de encontro às constatações do estudo do Banco Central (2012), na análise da insolvência em instituições financeiras e de Ruberto et al. (2013), para o endividamento.

Também em linha com a literatura e com os resultados de outros estudos sobre o tema, constatou-se que um aumento da taxa de juros (SELIC) está associado ao aumento do endividamento, nos dois modelos, e da inadimplência (apenas modelo IPEIC). É de se esperar que um cenário macroeconômico de alta na taxa de juros esteja associado a um cenário de inflação elevada, a qual reduz o poder de compra da população, levando muitas famílias a ter que se endividar para fechar o orçamento doméstico. Resultados semelhantes foram encontrados por Linardi e Ferreira (2008), Steter e Barros (2012), Ruberto et al. (2013) e Leite Filho (2024). Ou em um cenário pior, os juros elevados podem fazer com que as famílias comprometam um percentual maior da renda para a amortização e o pagamento dos juros das dívidas, levando ao não pagamento de algumas das despesas do orçamento doméstico. O sinal negativo para a inadimplência do modelo IBCB contraria o que é esperado em termos de racionalidade econômica.

Segundo a teoria econômica, a inflação tem relação positiva com o endividamento e com a inadimplência, na perspectiva de que um aumento dos preços reduz o poder de compra das famílias, levando-as a buscar mais crédito para consumo ou cobrir despesas essenciais, mantendo dessa forma o orçamento doméstico, o que pode resultar

em maior endividamento. Além disso, contextos inflacionários elevados podem levar a aumentos nas taxas de juros, tornando o crédito mais caro e dificultando o pagamento das dívidas existentes, agravando a situação de endividamento e da inadimplência. Os resultados encontrados para essa variável vão nessa direção (para os quatro modelos), confirmando relação positiva e significativa entre inflação, endividamento e inadimplência. Tal constatação é consistente com a do estudo de Lunardi e Ferreira (2008) e Vartanian e Oliveira (2024).

A relação positiva entre *spread* bancário (diferença da taxa de juros cobrada nos empréstimos no mercado de crédito e a taxa de juros paga pelos bancos nas captações no mercado monetário) e o endividamento, nos dois modelos, vai ao encontro do que era esperado. Uma vez que o *spread* é um dos componentes da taxa de juros cobrada nas operações de crédito, aumentos dessa variável tendem a aumentar o custo do dinheiro no mercado financeiro, levando à diminuição da demanda por esse tipo de operação (Lopes, 2012). Nos modelos com a inadimplência como variável dependente, essa variável não apresentou significância estatística.

A variável desemprego apresentou diferença de sinal nos dois modelos (EBCB e EPEIC). No primeiro caso, foi constatada relação negativa entre desemprego e endividamento no mercado financeiro (EBCB), o que está em linha com os resultados encontrados por Keese (2012). Já o sinal positivo do endividamento geral constatado no modelo (EPEIC) e com significância estatística, está em linha com os resultados encontrados por Souza (2017) e com a literatura econômica, que preconiza que o desemprego é uma das causas do endividamento, na perspectiva de que a perda de renda dificulta o pagamento de dívidas e leva as pessoas a contratarem empréstimos para cobrir despesas básicas do dia-a-dia. Além disso, o sinal positivo e estatisticamente significativo do desemprego nos dois modelos de inadimplência (IBCB e IPEIC), sinaliza que, nas famílias que já estão endividadas, a redução de renda que ele ocasiona leva ao aumento da probabilidade de se tornarem inadimplentes.

Assim como ocorreu na variável desemprego, a renda também apresentou diferença de sinal nos dois modelos (EBCB e EPEIC) para o endividamento. No caso, com sinal contrário ao esperado para este último modelo. Em termos socioeconômicos, é de se esperar que pessoas com menor renda apresentem propensão maior ao endividamento, seja para antecipar decisões de consumo, seja para complementar o orçamento familiar, devido a dificuldades em cobrir despesas básicas ou em situações de emergência. Este achado está em linha com os de Zerrenner (2007). Como já era esperado para a inadimplência, a relação negativa e estatisticamente significativa observada nos dois modelos (IBCB e IPEIC) sinaliza que esta tende a aumentar em um cenário de redução da renda.

Diferentemente do que ocorreu com os modelos que tinham o endividamento como variável dependente, foi constatada relação negativa e estatisticamente significativa entre a inadimplência e o Índice de Confiança do Consumidor. Este resultado está em linha com o que era esperado, pois, a confiança do consumidor é aumentada diante de um cenário econômico favorável, de baixas taxas de desemprego, de inflação e de juros. Neste cenário, o bom desempenho da economia é propício para que haja uma queda da inadimplência, pois muitas pessoas aproveitam este momento para se recolocar no mercado de trabalho, voltando a ter ou aumentando a renda, permitindo que façam a quitação de dívidas em atraso.

As *dummies*, inseridas nos quatro modelos com o intuito de capturar um potencial aumento do endividamento diante de uma ruptura no cenário macroeconômico causado pelas crises da economia brasileira (2014-2017) e da pandemia do Covid-19, apresentaram significância estatística nos modelos EBCB e IBCB. Chama atenção o sinal contrário ao

esperado para a *dummy* da crise da economia brasileira, tanto neste modelo quanto no modelo da variável EPEIC (apenas indícios, p-valor < 0,100). Possíveis explicações para isso seriam: 1. o cenário de crise levou a uma redução do consumo, e por consequência, do PIB, exigindo uma menor demanda por crédito por parte da população; 2. o cenário de crise econômica fez com que as instituições ficassem mais exigentes na oferta do crédito, o que levou à redução do seu volume no mercado financeiro. Já a relação positiva e estatisticamente significativa da *dummy* inserida para capturar os efeitos da Covid-19, sinaliza tanto um aumento do endividamento, quanto da inadimplência no período pós-pandemia, face às inúmeras dificuldades enfrentadas pela população diante dos desdobramentos econômicos que essa crise sanitária acarretou. Em termos gráficos esse resultado pode ser visualizado na figura 1, na qual é latente o aumento e a manutenção do endividamento no período pós-pandemia do Covid-19, com uma elevação de mais de 10 p.p. no endividamento a partir de 2021, consequência do aumento do desemprego, da inflação e da queda na renda, que achataram o poder de compra das pessoas (SERASA, 2021). De maneira semelhante, fazendo um recorte do período pré-pandemia (até fev./2020) e pós pandemia (após março/2020), observa-se elevação de mais de 3 p.p. na média da inadimplência, que passou de 8,35 para 11,38 de um período para o outro.

Enfim, após a análise dos resultados dos quatro modelos há que se destacar, conforme discutido anteriormente neste trabalho, as contradições inerentes ao crédito, na perspectiva destacada por Mader (2015), que o caracteriza como uma relação social permeada por esperanças, expectativas, conflitos e identidades. Além da disseminação da inclusão financeira das famílias, especialmente das mais pobres a partir do endividamento, desencadeada a partir de 2003, há que se considerar também os impactos sobre indivíduos e famílias dessa maior inserção na vida econômica do país. Nesse contexto, os resultados obtidos nesta pesquisa permitem uma reflexão nessa direção. Mais crédito, mais consumo e mais satisfação pessoal, mas, também maior endividamento e maior inadimplência. Ou seja, o aumento da oferta de crédito não foi acompanhado pelo aumento da educação financeira da população brasileira, de maneira a deixar clara a necessária responsabilidade financeira que a relação entre tomador e credor exige (Montgomerie, 2020).

Guardadas as devidas proporções, uma reflexão mais profunda do cenário de expansão da oferta do crédito e o consequente aumento do endividamento e da inadimplência das famílias na economia brasileira deve ser feita à luz dos impactos da crise financeira de 2008, que mostrou o potencial catastrófico que permeia a relação entre o endividamento das famílias com o sistema financeiro global. No nosso contexto, com o potencial de desencadear uma crise financeira na economia brasileira em um cenário extremo. Uma variável que agrava ainda mais esse cenário é o aumento do endividamento público em anos recentes, que enfraquece o poder do governo em prover liquidez às famílias e às empresas em caso de necessidade. Neste sentido, é oportuno questionar: até que ponto o modelo de crescimento econômico ancorado na oferta de crédito se sustentará? Quais seriam seus desdobramentos em um cenário de crise financeira?

Por fim, é mister destacar que pesquisas sobre o endividamento das famílias, sua evolução e consequências negativas, como a inadimplência, ainda são incipientes, carecendo de metodologias e fontes de dados acessíveis e confiáveis para se analisar o fenômeno. Nesse cenário, considera-se que esta pesquisa tenha atingido seu objetivo, ao mostrar a relação entre variáveis macroeconômicas e o endividamento e a inadimplência, contribuindo para o avanço das discussões de um tema de elevada relevância social e econômica. Certamente a maior conscientização da população sobre as responsabilidades que o crédito demanda só será alcançada com o aumento e a disseminação da educação financeira para a população.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A chamada “sociedade do consumo”, caracterizada pela massificação dos padrões de consumo, muitas vezes consciente, mas em boa parte excessivo e irresponsável, tem demandado a inclusão de camadas da população no sistema financeiro para financiar anseios de consumo e, com isso, possibilitar o crescimento econômico. Em paralelo, observa-se na economia brasileira, nas últimas duas décadas, aumento da oferta de crédito e, por consequência, dos níveis de endividamento e de inadimplência da população. Apesar de sua relevância, as discussões e o entendimento dos seus determinantes e consequentes ainda são incipientes na sociedade brasileira. Este artigo investigou a relação entre variáveis macroeconômicas e endividamento e inadimplência da população brasileira, considerando o período 2012 a 2024, utilizando um modelo de regressão múltipla.

Em termos de resultados, destaca-se de início que o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) dos modelos estimados sinaliza que mais de 90% da variação do endividamento e da inadimplência das famílias brasileiras podem ser explicados pela variação das variáveis macroeconômicas utilizadas. Isso mostra que foi acertada a decisão de incluir mais variáveis (nove, além de duas *dummies*) nos modelos além das três (Marçal e Pereira, 2015), quatro (Vartanian e Oliveira, 2024; Lunardi e Ferreira, 2008) ou cinco variáveis (Lopes, 2012) que outros estudos sobre o tema utilizaram.

Os resultados obtidos para os modelos de regressão, em linhas gerais, mostram que o endividamento e a inadimplência possuem relação positiva com o câmbio, a taxa de juros (SELIC), exceto modelo (IBCB), a inflação (IPCA), o desemprego (exceto modelo EBCB) e o *spread* bancário, indicando que um aumento dessas variáveis leva ao crescimento do percentual das primeiras junto às famílias brasileiras. Além disso, foi constatada relação negativa para as variáveis PIB e índice de confiança do consumidor (ICC), somente para o modelo com a inadimplência como variável dependente. A redução do endividamento após a crise da economia brasileira, apontada para os modelos (EBCB e EPEIC), contraria o racional da teoria econômica. Já a relação positiva e significativa da *dummy* inserida para capturar os efeitos da Covid-19, aponta para o aumento do endividamento e da inadimplência no período pós-pandemia, com seus impactos econômicos acarretando em inúmeras dificuldades financeiras para a população.

Entende-se com isso que o objetivo proposto para esta pesquisa foi atingido a contento, no sentido de se identificar a relação de variáveis macroeconômicas com o endividamento e a inadimplência. À guisa de ampliar o escopo e o debate dessa temática e ciente de que existem variáveis sociodemográficas que explicam o endividamento e a inadimplência, é oportuno reforçar o papel que a educação financeira pode ter para minimizar aspectos comportamentais que prejudicam a tomada de decisões financeiras, dado que, além do conhecimento das ferramentas financeiras, está no escopo da educação financeira a formação de cidadãos conscientes em todos os atributos, de seu planejamento familiar até o consumo consciente e sustentável (Brasil, 2010; Lusardi, Mitchell, & Curto, 2010).

Um dos pilares do crescimento da economia brasileira nos últimos anos foi a política deliberada de incentivo ao consumo, com a inclusão de camadas da população até então alijadas desse processo. Como mola propulsora dessa estrutura econômica, o acesso ao crédito tem desempenhado papel preponderante para sua sustentação. Entretanto, se por um lado é destacável o padrão de oferta crescente da disponibilidade de crédito às famílias, para fomentar seus anseios de consumo, por outro o aumento dos níveis de endividamento e de inadimplência tem se tornado uma questão relevante em âmbito interno e mundial, preocupando estudiosos, entidades do mercado financeiro e autori-

dades governamentais, responsáveis por ações e políticas de controle e acesso dessa importante variável econômica.

Autoridades governamentais têm que se conscientizar que a oferta do crédito, apesar ser um instrumento de crescimento econômico, ao ampliar o poder de compra e incentivar o consumo da população, principalmente das classes mais baixas, deve vir acompanhada da ampliação e da disseminação da educação financeira, como forma de evitar a perigosa trajetória ascendente dos níveis de endividamento e da inadimplência, como os que são observados atualmente na economia brasileira, discutida neste trabalho.

Para além disso, conforme destaca Costa (2023), o endividamento precisa ser uma escolha para antecipação de consumo e não uma saída compulsória e exclusiva que garante as condições mínimas de sobrevivência para a maior parte da população brasileira.

Em tempo, cabe destacar as limitações e possíveis extensões desta pesquisa. A principal limitação está no modelo mais básico, em termos econométricos, que foi utilizado, mas sem que isso comprometa a análise empírica realizada. Em termos de continuidade desta pesquisa sugere-se o uso de outros modelos econométricos, como o VAR, para prever a inadimplência, ou a modelagem de equações estruturais, visando identificar a interação entre as variáveis com potencial de explicar as variações do endividamento e da inadimplência. Pode-se pensar também na inclusão de outras variáveis preditoras, como as de caráter sociodemográfico.

Enfim, espera-se que esta pesquisa contribua para ampliar a discussão e reforçar a importância da disseminação da educação financeira para a população brasileira, no sentido de conferir, principalmente para as classes mais baixas, uma maior conscientização e responsabilidade no uso do crédito.

REFERÊNCIAS

Ahearne, A., & Wolff, G. B. (2012). The debt challenge in Europe. *Bruegel and National University of Ireland*. Disponível em <http://www.bruegel.org/publications/publicationdetail/publication/686-the-debt-challenge-in-europe/>. Acesso em: 06 de dez. de 2024.

Amadeu, J. R. (2009). *A educação financeira e sua influência nas decisões de consumo e investimento*: proposta de inserção da disciplina na matriz curricular. [Dissertação de mestrado]. Universidade do Oeste Paulista.

Bacen - Banco Central Do Brasil, (2025). *Estatísticas monetárias e de crédito*. Nota para a imprensa 27/01/25. Disponível <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/estatisticas-monetariascredito>. Acesso em 05/02/2025.

Bacen - Banco Central Do Brasil, (2024). *Estatísticas monetárias de crédito*. Nota para a imprensa 29/08/24. Disponível <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/estatisticasmonetariascredito>. Acesso em 25/09/2024.

Bacen - Banco Central Do Brasil, (2004). *Relatório de Economia Bancária e Crédito*. Publicação anual do Banco Central do Brasil. Disponível http://www.bcb.gov.br/Pec/spread/port/economia_bancaria_e_credito.pdf Acesso em 22/09/2017.

Bacen - Banco Central Do Brasil, (2012). *Relatório de Estabilidade Financeira*. Volume 11, n. 2.

Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/ref/201209/RELESTA-B201209refCapaP.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

Bacen - Banco Central Do Brasil, (2008). *Relatório de Economia Bancária e Crédito*. Publicação anual do Banco Central do Brasil. Disponível em

- http://www.bcb.gov.br/Pec/Depep/Spread/relatorio_economia_bancaria_credito2008.pdf
Acesso em 22/09/2017.
- Bacen - Banco Central Do Brasil, (2015). *Política monetária e operações de crédito do SFN*.
2015. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/?ECOIMPOM>. Acesso em 19 abr. 2018.
- Baek, E., & Hong, G. (2004). Effects of family life-cycle stages on consumer debts. *Journal of Family and Economic Issues*, 25(3), 359-385.
- Berg, L., & Bergström, R. (1996). Consumer confidence and consumption in Sweden, *Working Paper Series*, 7 Uppsala University, Department of Economics.
- Berg, C. J., Sanem, J. R., Lust, K. A., Ahluwalia, J. S., & Kirch, M. A. (2010). Health-related characteristics and incurring credit card debt as problem behaviors among college students. *The Internet Journal of Mental Health*, 6(2), 1-9.
- Bernanke, B. S.; Gertler, M., & Gilchrist, S. (1999). The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. In *Handbook of macroeconomics*, 1, 1341-1393, Taylor, J. B., & Woodford, M. (Eds.), Elsevier Science: Amsterdam.
- Bielma, L. H. (2009). La teoria postkeynesiana y la teoria economica moneária de producción. *Revista Cultura Y Tecnológica*, 6(35), 4-15.
- Bonomo, M., Brito, R. D., & Martins, B. (2003). Macroeconomic and social impacts of household debt in Brazil. *Brazilian Journal of Political Economy*, 23(4), 112-131.
- Brasil. (2010). Decreto 7.397, de 22 de dezembro de 2010: *Institui a Estratégia Nacional de Educação Financeira - ENEF*. Brasília: Presidência da República.
- Brasil (2021). *Lei nº 14.181 de 1º julho de 2021*. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14181.htm.
- Bricker, J., Kennickell, A., Moore, K., & Sabelhaus, J. (2012). Changes in U.S. family finances from 2007 to 2010: evidence from the survey of consumer finances. *Federal Reserve Bulletin*, 98(2), 1-80.
- Campara, J. P., Vieira, K. M., & Ceretta, P. S. (2016) Entendendo a atitude ao endividamento: fatores comportamentais e variáveis socioeconômicas o determinam? *RECADM*, 15(1), 5-24. Doi: [Http://10.21529/RECADM.2016002](http://10.21529/RECADM.2016002).
- Chien, Y-W., & Devaney, S. A. (2001). The effects of credit attitude and socioeconomic factors on credit card and installment debt. *The Journal of Consumer Affairs*, 35(1), 162-179.
- Claessens, S., Kose, Ayhan, M., & Terrones, M. E. (2012). How do business and financial cycles interact? *Journal of International Economics*, 87(1), 178-190.
- Conniffe, D.; & Stone, J. (1973). A critical view of ridge regression, *Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician*, 22(3), 181-187.
- Correa, A. S., Marins, J. T. M., das Neves, M. B. E., & da Silva, A. C. M. (2014). Credit default and business cycles: an empirical investigation of Brazilian retail loans. *Revista Brasileira de Economia*, 68(3), 337-362.
- Costa, C. M., & Miranda, C. J. (2013). Educação financeira e taxa de poupança no Brasil. *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, 3(3), 57-74.
- Costa, P. R. (2023). *Pobres por Dívida: o Endividamento Familiar e as Estatísticas de Pobreza Entre 2008 E 2018 – Uma Análise a Partir da Pesquisa de Orçamentos Familiares*. [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Davies, E., Lea, S. E. G. (1995). Student attitudes to student debt. *Journal of Economic Psychology*, 16(4), 663-679.

- Eggertsson, G. B., & Krugman, P. (2012). Debt, deleveraging, and the liquidity trap: a Fisher-Minsky-Koo approach. *Quarterly Journal of Economics*, 127(3), 1469-1513
- Fernandes, J. L. B., & SOUZA, E. L. (2010). A relação do spread bancário com o nível de inadimplência no Brasil. In: *Anais do 13º Seminários em Administração*, USP.
- Feinberg, R. A. (1986). Credit cards as spending facilitating stimuli: a conditioning interpretation. *Journal of Consumer Research*, 13(3), 348-356.
- Figueira, R. F., Pereira, R. C. F. (2014). Devo, não nego, pago quando puder: uma análise dos antecedentes do endividamento do consumidor. *Revista Brasileira de Marketing*, 13(5), 124-138.
- Gathergood, J. (2012). Self-control, financial literacy and consumer over-indebtedness. *Journal of Economic Psychology*, 33(3), 590-602.
- Guttman, R., & Plihon, D. (2008). O endividamento do consumidor no cerne do capitalismo conduzido pelas finanças. *Economia e Sociedade*, 17(número especial), 575-610.
- Huang, J., & Kisgen, D. J. (2013). Gender and corporate finance: are male executives overconfident relative to female executives? *Journal of Financial Economics*, 180(3), 822-839.
- IMF (2017). *Global Financial Stability Report: is growth at risk?* International Monetary Fund.
- Katona, G. (1975). *Psychological economics*, Amsteram: Elsevier.
- Keese, M. (2012). Who feels constrained by high debt burdens? Subjective vs. objective measures of household indebtedness. *Journal of Economic Psychology*, 33(1), 125-141.
- Keese, M., & Schmitz, H. (2010). Broke, ill and obese: the effect of household debt on health.
- [SOEPpaper No. 350]. *The German Socio-Economic Panel Study at DIW Berlin*.
- Recuperado em 21 maio 2024 de <http://papers.ssrn.com/sol3/results.cfm?npage=2&>.
- Kunkel, F. I. R., Vieira, K. M., & Potrich, A. C. G. (2015). Causas e consequências da dívida no cartão de crédito: uma análise multifatores. *Revista de Administração-USP*, 50(2), 169-182.
- Lavinas, L. (2017). *The takeover of social policy by financialization: the Brazilian paradox*. Palgrave Macmillan.
- Lima, M. (2003). *Um estudo sobre finanças comportamentais*. RAE-eletrônica, 2(1).
- Linardi, F. M., & Ferreira, M. S. (2008). Avaliação dos determinantes macroeconômicos da inadimplência bancária no Brasil. In: *Anais do 36º Encontro Nacional de Economia*, ANPEC.
- Lizote, S. A., Lana, J., Verdinelli, & M. A., Simas, J. (2016). Finanças pessoais: um estudo envolvendo os alunos de Ciências Contábeis de uma instituição de ensino superior. *Revista da UNIFEFE*, (1)19, 72-85.
- Lopes, G. O. (2010). *Endividamento das famílias brasileiras no sistema financeiro nacional: o impacto de indicadores macroeconômicos*. [Dissertação de mestrado]. Universidade de Brasília.
- Lusardi, A., Mitchell, O. S.; Curto, V. (2010). Financial literacy among the young: Evidence and implications for consumer policy. *Journal of Consumer Affairs*, 44(2), 358-380
- Lyons, A. C. (2008). Risky credit card behavior of college students. In J. J. Xiao (Ed.), *handbook of consumer finance research*, 185-208.
- Mader, P. (2018). Contesting financial inclusion. *Development and Change*, 49(2), 461-483.

- Marçal, E. F., & Pereira, P. L. V. (2015). Indicadores macroeconômicos explicam e preveem a inadimplência? Um estudo dos dados brasileiros. São Paulo: FEBRABAN e Fundação Getúlio Vargas.
- Marshall, A. (1980). *Principles of Economics*, London: Macmillan.
- Mendes-Da-Silva, W., Nakamura, W. T., & Moraes, D. C. (2012). Credit card risk behavior on college campuses: evidence from Brazil. *Brazilian Administration Review*, 9(3), 351-373.
- Montgomerie, J. (2020). Indebtedness and financialization in everyday life. In: Mader, P.; Mertens, D.; Van Der Zwan, N. (Eds.). *The Routledge International Handbook of Financialization*. Routledge International.
- Moraes, C. O., Sepúlveda, M. S. V. C., & Roquette, P. M. (2021). Os efeitos da taxa de juros e da política monetária no endividamento das famílias no Brasil. In: *Anais do 45º Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação em Administração*, ANPAD.
- Morais, C. (2005). Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística. Escola Superior de Educação Instituto Politécnico de Bragança.
- Norvilitis, J. M., Merwin, M. M., Osberg, T. M., Roehling, P. V., Young, P., & Kamas, M.M. (2006). Personality factors, money attitudes, financial knowledge, and credit-card debt in college students. *Journal of Applied Social Psychology*, 36(6), 1395-1413.
- OCDE (2005). *Recommendation on principles and good practices for financial education and awareness. Recommendation of The Council*. July, 2005.
- Parker, R. S., Haytko D. L., & Hermans C. M. (2009). Individualism and collectivism: reconsidering old assumptions. *Journal of International Business Research*, 8(1), 127-139.
- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2000). Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS. Lisboa: Silabo.
- Ponchio, M. (2006). *The Influence of materialism on consumption indebtedness in the context of low-income consumers from the city of Sao Paulo*. [Tese de doutorado]. Fundação Getúlio Vargas.
- Rocha, R. R.; Oliveira, R. R.; Teixeira, L. A. A. (2020). Educação e endividamento do consumidor de baixa renda: tendências de inadimplência e adimplência. *CPMARK: Caderno Profissional de Marketing*, 8(3), 100-119.
- Ruberto, I. G., Vieira, K. M., Bender Filho, R., & Silveira, V. G. (2013). A influência dos fatores macroeconômicos sobre o endividamento das famílias brasileiras no período 2005-2012. *Revista Estudos do CEPE*, 37(1).
- Savoia, J. R. F., Saito, A. T., & Santana, F. A. (2007). Paradigmas na educação financeira no Brasil. *Revista de Administração Pública*, 41(6), 1121-1141.
- Sbicca, A., Floriani, V., & Juk, Y. (2012). Expansão do crédito no Brasil e a vulnerabilidade do consumidor. *Revista Economia & Tecnologia*, 8(4), 05-16.
- Sehn, C. F., & Carlini Junior, R. J. (2007). Inadimplência no sistema financeiro de habitação. *Revista de Administração Mackenzie*, 8(2), 59- 84.
- Sevim, N., Temizel, F., & Sayilir, O. (2012). The effects of financial literacy on the borrowing behavior of Turkish financial consumers. *International Journal of Consumer Studies*, 36(5), 573-579.
- Serasa Experian. (2021). Endividamento. Disponível em: <https://www.serasa.com.br/assets/cms/2021/Pesquisa-Endividamento-2021Release.pdf>. Acesso em 27 de abril de 2024.
- Serasa Experian (out, 2010). Disponível em: http://www.serasaexperian.com.br/release/noticias/2010/noticia_00269.htm. Acesso em: 27 março 2024.

- Slomp, J. Z. F. (2008). Endividamento e consumo. *Revista das Relações de Consumo*, 108, 109-131.
- Soederberg, S. (2013). The politics of debt and development in the new millennium: an introduction. *Third World Quarterly*, 34(4), 535-546.
- Souza, R. K. (2017). *Fatores demográficos determinantes da inadimplência entre os estados brasileiros*. 2017. [Dissertação de Mestrado]. Instituto de Ensino e Pesquisa – Insper.
- Tan, A. K. G., Yen, S., & Loke, Y. J. (2011). Credit card holders, convenience users and revolvers: a tobit model with binary selection and ordinal treatment. *Journal of Applied Economics*, 14(2), 225- 255.
- Steter, E. R., & Barros, O. (2012). Determinantes macroeconômicos apontam para redução da taxa de inadimplência de pessoa física ao longo deste ano. Destaque Depec – Bradesco.
- Ano X(27). Disponível em http://www.economiaemdia.com.br/static_files/EconomiaEmDia/Arquivos/destaque_depec_bradesco_24_02_12_v1.pdf. Acesso em: 05 maio 2024.
- Thomas, M., Desai, K. K., & Seenivasan, S. (2011). How credit card payments increase unhealthy food purchases: visceral regulation of vices. *Journal of Consumer Research*, 38(1), 126-139.
- Vartanian, P., & Oliveira, P. H. S. (2024). Impacto dos choques macroeconômicos sobre a inadimplência no mercado de crédito: um estudo comparativo entre bancos públicos, bancos privados nacionais e bancos estrangeiros no período 2000-2019. *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, 14(e241405), 1-22.
- Vieira, K. M., Flores, S. A. M., & Campara, J. P. (2014). Propensão ao endividamento no município de Santa Maria (RS): verificando diferenças em variáveis demográficas e culturais. *Teoria e Prática em Administração*, 4(2), 180-205.
- Vieira, A. L. B. D., Roma, C. M. S., & Ferreira, B. P. (2014). O custo do crédito pessoal em relação ao nível de endividamento das famílias brasileiras e à taxa de juros Selic. *Revista Economia & Gestão*, 14(36), 138-160.
- Wooldridge, J. M. (2023). *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. São Paulo: Thompson.
- Worthy, S. L., Jonkman, J., & Blinn-Pike, L. (2010). Sensation-seeking, risk-taking, and problematic financial behaviors of college students. *Journal of Family and Economic*, 31(2), 161-170.
- Zerrenner, S. (2007). *Estudo sobre as razões para o endividamento da população de baixa renda*. [Dissertação de mestrado]. Universidade de São Paulo.

A FORMAÇÃO DO BAIRRO FUNCIONÁRIOS NA NOVA CAPITAL DE MINAS GERAIS E SUAS TRANSFORMAÇÕES NA CONTEMPORANEIDADE

Marcia Cavalieri^[1]

Silvia Loureiro^[2]

RESUMO

O presente trabalho procura apresentar sobre a formação do espaço urbano de Belo Horizonte, enfatizando o surgimento e transformações ao longo dos anos no Bairro Funcionários. Desde sua criação em 1896, o bairro Funcionários passou por diversas mudanças em seu perfil habitacional. Inicialmente, era predominantemente residencial, com casas unifamiliares destinadas a funcionários públicos de classe alta, refletindo a hierarquia social da época. Com o crescimento urbano e a pressão do mercado imobiliário, especialmente nas décadas de 1950 e 1960, muitas dessas residências foram transformadas em estabelecimentos comerciais. A legislação que favoreceu a verticalização permitiu a demolição de casas para a construção de edifícios multifamiliares, alterando a paisagem do bairro. Atualmente, o Funcionários combina residências, comércio e serviços, mantendo um ambiente relativamente tranquilo, mas com uma maior densidade populacional e uma mistura de antigos moradores e novos residentes que buscam a conveniência da vida urbana.

PALAVRAS-CHAVE

Belo Horizonte; Bairro Funcionários, Transformação urbana.

[1] Marcia Maria Cavalieri, docente e coordenadora do Projeto de Pesquisa ArqHabitat do curso de Arquitetura e Urbanismo IBMEC. marciamcavalieri@gmail.com

[2] Silvia Loureiro, discente e participante do Projeto de Pesquisa ArqHabitat do curso de Arquitetura e Urbanismo IBMEC. silviaz11995@gmail.com

“A ideia de transferir a sede do governo estadual da antiga Vila Rica para outras paragens ganhou vigor com a Proclamação da República, em 1889. A construção de uma nova capital passou a sintetizar a vontade republicana de modernização de Minas, de racionalização administrativa, de unificação política e cultural de um Estado que convivia com o fantasma do separatismo.” (COMPANHIA VALE DO RIO DOCE; p.11, 1992.)

Segundo Arreguy e Ribeiro (2008), nos primeiros anos de existência, a nova capital era delimitada por algumas linhas de bondes e córregos naturais e sua ligação com outras cidades e estados se dava através da estrada de ferro.

A maioria das famílias que habitavam o arraial de Belo Horizonte se transferiu para os “arrabaldes da freguesia” (BARRETO, Abílio, 1936), algumas permaneceram na localidade e poucas foram as que se mudaram para novos distritos. Com o êxodo de parte da população, várias casas foram sendo desocupadas pelos antigos moradores, dando lugar aos funcionários da Comissão Construtora que ali habitariam durante os anos de construção da nova capital.

“Os pequenos casebres com paredes de barro, adobe ou taipa, duas igrejas, algumas vendas, enfim, o incipiente aglomerado urbano estava condenado a desaparecer de um só golpe, para dar lugar à cidade saída do traçado de Aarão Reis. Abruptamente, milhares de operários, a maioria de origem estrangeira, enchem o arraial, demolindo tudo. Afinal, o prazo para a construção é curto - apenas quatro anos.” (COMPANHIA VALE DO RIO DOCE; p.12, 1992.)

Em 23 de março de 1895 concluiu-se a planta geral de Belo Horizonte, que veio a se tornar a primeira cidade planejada no Brasil. O projeto era marcado por um traçado geométrico e ortogonal com ruas largas que se cruzavam em ângulos de 45º. Nela, a Avenida Afonso Pena, assume um papel essencial e, como bem expresso pelo próprio Aarão Reis, ela “(...) corta a zona urbana de norte a sul”, forçando a população a se desenvolver “do centro para a periferia”. Essa zona urbana delimitada era separada da suburbana pela Avenida do Contorno, que possui terrenos e ruas mais irregulares diferenciadas dos lotes e logradouros dos projetados na área dentro da Avenida do Contorno. Por fim, tinha a terceira, a zona rural, “reservada aos sítios destinados à pequena lavoura”. (BARRETO, Abílio, p. 251, 1936.)

Figura 1: Plano geral da cidade de Belo Horizonte, 1895



Fonte: Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte, 2008.

“A área urbana é dividida em seções separadas na planta geral, por traços de tinta azul e designadas por algoritmos romanos; os quarteirões divididos por avenidas e ruas são designados por algoritmos arábicos, em numeração ordinal, repetida em cada seção; e os lotes de cada quarteirão também designados por algarismos arábicos, de tipo menor em numeração cardinal.” (BARRETO, Abilio, p. 251, 1936.)

Arreguy e Ribeiro (2008) afirmam que com o passar dos anos, a capital foi crescendo em conjunto com sua zona urbana que, conseqüentemente, recebeu mais infraestrutura de transportes coletivos, esgoto, água e luz, possibilitando uma maior concentração dos principais serviços e das atividades comerciais, hospitalares e escolares. Enquanto isso, a região fora dos limites da Avenida do Contorno – também chamada de zona suburbana – foi crescendo de modo mais desorganizado com a formação de ruas mais estreitas e curvas que acompanhavam o relevo local, fator que acarretou o surgimento de vilas e favelas sem o mesmo acesso à infraestrutura de qualidade.

Figura 2: Zona Urbana na cidade de Belo Horizonte, 1895



Fonte: Arquivo Público Mineiro.

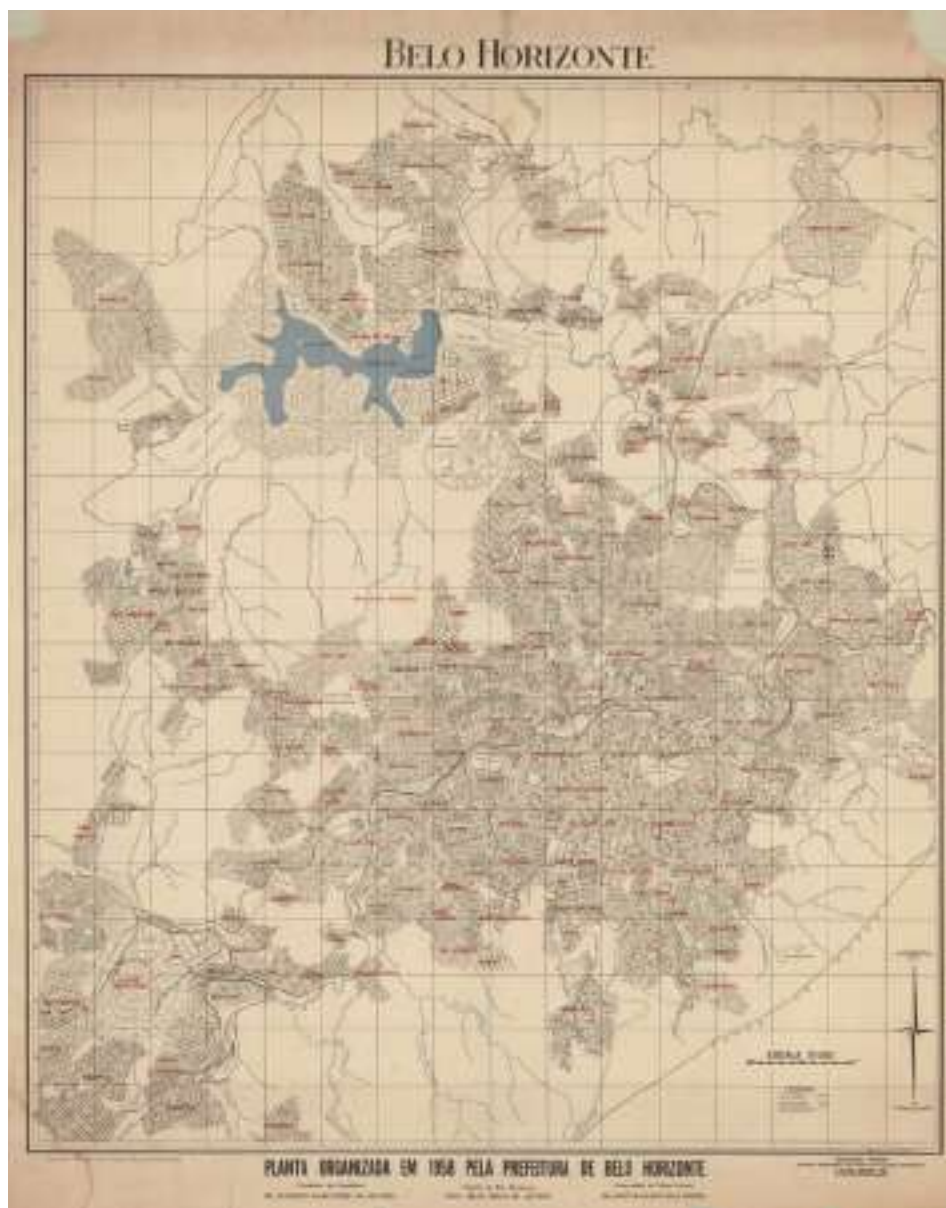
Segundo os mesmos autores (2008), os bairros surgiram a partir da ocupação das zonas ao longo dos anos. Inicialmente eles funcionavam como divisões administrativas da cidade e serviam para facilitar a comunicação e interação dos habitantes daquela região.

Com o avanço das indústrias entre os anos de 1940 e 1950, a cidade de Belo Horizonte teve um impulso em seu crescimento territorial, o que impactou diretamente o setor construtivo. Neste período, surgiram os primeiros arranha-céus no centro da cidade como solução para a escassez de terrenos livres na região central, mas, não sendo suficientes, foi necessária a construção de novos bairros.

A constante expansão territorial permaneceu nas décadas de 1960 e 1970, forçando uma ocupação mais evidente dos bairros periféricos e verticalização dos bairros para além do centro da cidade. Ao longo do tempo, eles foram se tornando cada vez mais independentes da região central da cidade, propiciando o surgimento de novos centros de comércio e convivência que vão desde a Savassi até o Barreiro e Venda Nova.

A Figura 3: Belo Horizonte com a delimitação de bairros no ano de 1958, propondo uma nova orientação.

Figura 3: Planta de Belo Horizonte com os bairros, 1958



Fonte: Arquivo Público Mineiro.

Para facilitar a administração da cidade, no ano de 1983 foram criadas as regionais ou unidades administrativas que tiveram suas áreas definidas em lei em 1985. Atualmente são elas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova. Em cada uma delas, estão localizados os bairros, sendo que alguns possuem o mesmo período de ocupação que outros.

Figura 4: Regionais atuais de Belo Horizonte



Fonte: Histórias de bairros de Belo Horizonte, 2008

O bairro Funcionários, objeto dessa pesquisa está localizado na regional Centro-Sul. Ele é um dos bairros mais antigos de Belo Horizonte e seu surgimento se inicia em 1896, dois anos após o início da construção da nova capital. Ele fica dentro da zona urbana e é delimitado pela Avenida do Contorno. Conforme abordado anteriormente, sua região desde o princípio recebeu toda a infraestrutura de qualidade como água, saneamento, iluminação, serviços gerais e transporte urbano.

Figura 5: Bairros da Regional Centro-Sul

1. Santo Agostinho	14. Vila FUMEC	26. Coração de Jesus	39. Nossa Senhora da Conceição
2. Lourdes	15. Pindura Sala	27. Vila Bandeirantes	40. Nossa Senhora da Aparecida
3. Boa Viagem	16. Cruzeiro	28. Ápia	41. Barro Preto
4. Funcionários	17. Mala e Cula	29. Luxemburgo	
5. Nossa Senhora de Fátima	18. Sion	30. Conjunto Santa Maria	
6. Marçola	19. Santo Antônio	31. Acaba Mundo	
7. Carmo	20. Estrela	32. Belvedere	
8. São Bento	21. São Pedro	33. Comiteco	
9. Savassi	22. Santa Rita de Cássia	34. Cidade Jardim	
10. Vila Paris	23. Vila Barragem Santa Lúcia	35. Centro	
11. Anchieta	24. Barragem Santa Lúcia	36. Santa Lúcia	
12. Serra	25. Monte São José	37. Mangabeiras	
13. Santa Isabel		38. Santana do Cafezal	

Fonte: Histórias de bairros de Belo Horizonte, 2008.

Figura 5: Regional Centro-Sul



Fonte: Histórias de bairros de Belo Horizonte, 2008.

Em 1910, o bairro contemplava toda a região que hoje é conhecida como Funcionários, bem como a Savassi e a área onde está localizada a Igreja de Nossa Senhora da Boa Viagem. Essas últimas regiões foram ganhando espaço e se transformando no cenário da cidade ao longo do tempo. Embora tenha sido um dos bairros residenciais mais antigos da cidade:

O bairro foi construído para abrigar a elite do funcionalismo público, que seria transferida da nova capital do estado. Daí o nome Funcionários. (...) desde o seu princípio, as ruas e avenidas receberam nomes relevantes de estados brasileiros, personagens relevantes da literatura, política e história do Brasil. (BRANDÃO, p. 15, 2019.)

Antes da década de 60, o Funcionários era essencialmente formado por residências unifamiliares para famílias mais abastadas que abrigavam, em sua maioria, os funcionários públicos da antiga capital (cidade de Ouro Preto) que vieram para trabalhar na cidade. Boa parte deles trabalhava na Praça da Liberdade que era a sede do poder público e seguiam desempenhando suas funções diárias nesse eixo.

O bairro foi criado para abrigar funcionários de diversos níveis. [...] as casas a serem erguidas eram divididas em seis padrões, variando de A a F, de acordo com a função do servidor. As mais simples, tipo A, eram para porteiros e serventes. As sofisticadas, padrão F, eram de diretores e desembargadores. Assim, o traçado do bairro respeitava a hierarquia do funcionalismo, definindo espaços para cidadãos de acordo com sua situação social. (LIRA, Aparecida, p. 32, 1997.)

Todas essas residências eram marcadas por ricas ornamentações e poderiam ser distinguidas pelo número de janelas, ou seja, quanto mais janelas a casa possuía, maior importância tinha seu morador. (ARQUIVO PÚBLICO DE BELO HORIZONTE, 2025)

Com o passar dos anos o bairro Funcionários começa a se dividir em função de suas atividades, sobretudo comerciais, abrindo espaço para uma região que hoje é chamada de Savassi. De acordo com Borges (2007), nos anos 50, os primeiros serviços comerciais surgiram no bairro e, no final desse período, com a abertura da BR e construção acelerada de novos bairros, o bairro Funcionários deixou de ser essencialmente residencial.

Segundo Borges (2007), ao longo da década de 60, o rápido processo de transformação do novo centro comercial interferiu significativamente no bairro Funcionários e, nos anos 70, houve uma transformação definitiva em sua composição urbanística.

Não houve, com relação ao bairro Funcionários, uma expansão urbana [...]. As casas, no início, eram residenciais e passaram por uma adaptação para o novo uso (comércio e bares). Logo depois, foram sendo demolidas gradativamente e em suas áreas foram surgindo novos edifícios. (BORGES, p. 9, 2007.)

Com todas essas transformações, o bairro permaneceu vivo e hoje é marcado pelas memórias de pessoas que ali viveram, pelos registros literários existentes e remanescentes de sua arquitetura eclética e arte-déco.

Assim como a mudança de um bairro com vocação essencialmente residencial para também de comércios e serviços, BORGES (2007) afirma que diversas casas foram substituídas por edifícios com avanço da especulação imobiliária, ainda com prédios de poucos pavimentos:

O aglomerado que se compõe de 200 casas em 1987, transforma-se rapidamente em um suntuoso bairro [o Funcionários]. A aquisição de lotes contíguos aos recebidos por sorteio inicial permitiu a concentração e acumulação da propriedade privada do solo urbano e, conseqüentemente, a especulação imobiliária, induzindo para o local, grupo identificado social e economicamente ao funcionalismo. (MOL, 2004, apud PLAMBEL, 1979, p.34)

Esse fato se deu pela pressão do mercado imobiliário, mas também pela possibilidade da legislação de uso e ocupação do solo, que aprovou a verticalização dos bairros. Segundo Noronha (1999, p. 87) a Lei nº592 de 27 de novembro de 1956, aprovou a construção vertical para além da zona central que já possuía os primeiros arranhacéus da cidade. Os bairros que estavam dentro dessa nova legislação eram bairros já consolidados, tanto da região dentro da Avenida do Contorno e fora dela:

A ocupação desses bairros, até o início da década de 50, era composto exclusivamente por residências unifamiliares, sendo que a partir de meados dos anos 50 começam a ser construídos edifícios de apartamentos de três a quatro pavimentos. (PASSOS, 1998, P. 68)

Figura 6: Tipologia de edifício de baixa altimetria encontrado no bairro Funcionários



Fonte: Projeto de Pesquisa ARQHABITAT, 2024.

Ao mesmo tempo dessa tipologia formal de baixa altimetria, impulsionada pela pressão do mercado e por uma legislação favorável ao adensamento, surgiram novas edificações mais altas no bairro, seguindo a tipologia moderna.

Figura 7: Tipologia de edifício de tipologia moderna encontrado no bairro Funcionários



Fonte: Adaptado google, 2024.

Ademais com o surgimento da Lei nº2662 de Uso e Ocupação do Solo de 1976 da Cidade de Belo Horizonte o espaço da cidade começa ser mais organizado. Tal Lei divide a capital em zonas relacionadas ao uso como: residencial, comercial, industrial e institucional. Tais zonas controlam seus territórios através de modelos de assentamento e parcelamento. Embora essa Lei de 1976, tenha ajudado na organização da cidade, essa também acabando ser mais permissiva, permitindo um maior adensamento nos bairros permitindo maior flexibilidade da construção, o que acabou por permitir uma série de demolições de edificações unifamiliares no bairro Funcionários para substituição por edificações multifamiliares. (FREITAS, Jeanne Marie. *Op. Cit.*, 1996, p. 56.)

Essa facilidade de adensamento se tornou mais evidente e acelerada com a Lei de Uso e Ocupação do Solo de 1985 como sinalizada por Freitas (1996, p. 62):

“Diminuíram-se áreas mínimas de lotes exigidas (...), taxas de ocupação máximas admitidas foram aumentadas (...), assim como os coeficientes de aproveitamento máximos (...), além da diminuição de afastamentos mínimos obrigatórios.”

Figura 8 e 9: Exemplos de edificações construídas a partir da Lei de Uso do Solo de 1985 no bairro Funcionários



Fonte: Projeto de Pesquisa ARQHABITAT, 2024.

Somente 23 anos depois, com o Plano Diretor aprovado em 2019, esses parâmetros se tornam mais restritivos, o que poderá acarretar uma diminuição de adensamento nos próximos anos, como prédios mais baixos, o que já acontecesse atualmente no bairro

Atualmente, o bairro Funcionários pode ser considerado como sendo “(...)bastante tranquilo, onde habitam funcionários, gente remanescente daquelas famílias antigas ou estudantes que vêm do interior.” (BRANDÃO, 2019, p. 15)

Considerações Finais

A trajetória de Belo Horizonte, desde sua concepção como a primeira cidade planejada do Brasil até sua consolidação como capital mineira, evidencia não apenas uma mudança geográfica e administrativa, mas também um marco simbólico do ideário republicano e modernizador do final do século XIX. O bairro Funcionários, como um dos primeiros e mais emblemáticos espaços urbanos da nova capital, reflete diretamente essa transformação.

Criado para abrigar o funcionalismo público da antiga capital, o bairro foi inicialmente pensado dentro de uma lógica de ordenamento social e urbanístico que o diferenciava das demais áreas da cidade. Ao longo das décadas, no entanto, o Funcionários passou por profundas mudanças em seu uso e ocupação, impulsionadas por legislações urbanas, pela especulação imobiliária e pela pressão por adensamento. De bairro estritamente residencial, o Funcionários se transformou em uma zona mista, abrigando residências, comércios, serviços e importantes equipamentos urbanos. Esse processo, marcado pela verticalização e substituição de casas por edifícios, revela um ciclo de constante renovação urbana, onde o tecido social e arquitetônico é continuamente reconfigurado.

Apesar das mudanças, o bairro mantém viva parte de sua identidade original, seja na memória dos antigos moradores, na arquitetura remanescente ou na sua importância histórica para o desenvolvimento da cidade. O Funcionários é, portanto, um exemplo claro de como o planejamento urbano inicial, os fatores políticos, sociais e econômicos e as políticas de uso do solo moldam de forma contínua o espaço urbano e a vida de seus habitantes.

REFERÊNCIAS

- ARQUIVO PÚBLICO DE BELO HORIZONTE. *Acervo histórico sobre o bairro Funcionários*. Belo Horizonte: APBH, 2025.
- ARREGUY, Cíntia Aparecida Chagas; RIBEIRO, Rafael Rajão (coords.). *Histórias de bairros de Belo Horizonte: Regional Centro-Sul*. Belo Horizonte: APCBH; ACAP-BH, 2008. Disponível em: http://www.pbh.gov.br/historia_bairros/CentroSulCompleto.pdf. Acesso em: 16 out. 2024.
- BARRETO, Abílio. *Belo Horizonte: memória histórica e descritiva: história antiga*. Belo Horizonte: Livraria Rex, 1936.
- BELO HORIZONTE. *Plano Diretor da cidade de Belo Horizonte*. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislação>. Acesso em: 08 out. 2024.
- BORGES LEMOS, Celina. *A formação da Savassi como uma centralidade belohorizontina – A cultura do consumo, passagens e territorialidades*. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 12., 2007, Belém do Pará. Anais [...].
- Belém do Pará: ANPUR, 2007. Disponível em: <https://anais.anpur.org.br/index.php/anais-senapur/article/view/1370/1352>. Acesso em: 16 out. 2024.
- BRANDÃO, Maria do Carmo. *Bairro Funcionários*. Belo Horizonte: Conceito, 2019.
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. *Parque Municipal Crônica de um Século*. Belo Horizonte: CVRD, 1992.
- FREITAS, Jeanne Marie Ferreira. *Perspectivas do planejamento urbano contemporâneo: reflexões a partir do caso de Belo Horizonte*. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências/UFMG, Belo Horizonte, 1996.
- LIRA, Aparecida. *A hierarquia do bairro Funcionários*. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 27 ago. 1997. Gerais/Especial, p. 32.
- MOL, Natália Aguiar. *Leis e urbes – Um estudo do impacto da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo de 1996 em Belo Horizonte*. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- NORONHA, Carlos Roberto. *Área central de Belo Horizonte: arqueologia do edifício vertical e espaço urbano construído*. Dissertação de Mestrado – Escola de Arquitetura e Urbanismo/UFMG, Belo Horizonte, 1999.
- PASSOS, L. M. C. *Edifícios de Apartamentos: 1938-1976 – formações e transformações tipológicas na arquitetura da cidade*, AP Cultural. Belo Horizonte. 1998. 170p.
- SIMÃO, Karina; ROGEDO, Paola. *Aulas da disciplina de Planejamento Urbano do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix*. Belo Horizonte, 2015.

EFEITOS LONGITUDINAIS DA PRÁTICA DE *INTERLOCKING* E DO TAMANHO DO CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO NO DESEMPENHO DE FIRMAS BRASILEIRAS EM PERÍODO DE CRISE

LONGITUDINAL EFFECTS OF THE PRACTICE OF *INTERLOCKING* AND THE SIZE OF THE BOARD OF DIRECTORS ON THE PERFORMANCE OF BRAZILIAN FIRMS IN A PERIOD OF CRISIS

Alexandre Teixeira Dias

Eduardo Senra Coutinho

Lucas Rodrigues Azambuja

Marcos Antônio Camargos

RESUMO

O objetivo desse estudo é analisar os efeitos exercidos pela prática de *interlocking* e pela composição do conselho de administração no desempenho econômico-financeiro de firmas brasileiras, ao longo do tempo, assim como os efeitos inerentes à própria firma e à indústria em que atua. A amostra não balanceada é composta por dados de tamanho do conselho de administração e de *interlockings* praticados por indivíduos vinculados a 356 firmas brasileiras de capital aberto atuantes nas Indústrias da Construção, Manufatureira, Extrativa e do Transporte e ativas no período de 2018 a 2022. Os resultados dos testes de hipóteses, realizados com a aplicação de modelagem multinível, indicam incremento do desempenho da firma ao longo do tempo, com tendência de redução quanto maiores forem o número de *interlockings* praticados por indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e o número de integrantes no conselho de administração, redução compensada pelo efeito positivo do número de indivíduos que pertencem ao conselho fiscal e que mantém relações formais com outras firmas. Quanto aos efeitos da indústria, da firma e da interação entre firma e tempo, foi apurada maior explicação de variância do desempenho por parte da firma.

Palavras-chave

Interlocking, Conselho de Administração, Desempenho, Modelagem Multinível.

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the effects exerted by the practice of *interlocking* and the composition of the board of directors on the economic and financial performance of Brazilian firms, over time, as well as the effects inherent to the firm itself and the industry in which it operates. The unbalanced sample is composed of data on board size and *interlockings* practiced by individuals linked to 356 Brazilian publicly traded firms operating in the Construction, Manufacturing, Mining and Quarrying and Transportation Industries and active in the period from 2018 to 2022. The results of the hypothesis tests, carried out with the application of multilevel modeling, indicate an increase in the firm's performance over time, with a tendency to reduce the greater the number of *interlockings* practiced by individuals who belong only to the board of directors and the number of members of the board of directors, a reduction offset by the positive effect of the number of individuals who belong to the fiscal council and who maintain relationships with other firms. Regarding the effects of industry, firm and the interaction between firm and time, a greater explanation of variance in performance by the firm was found.

Keywords

Interlocking, Board of Directors, Performance, Multilevel Modeling.

IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Os resultados oriundos deste trabalho de pesquisa podem contribuir para que as firmas possam configurar o conselho de administração de forma a reduzir a assimetria de informação e obter acesso a recursos que possam constituir vantagens competitivas sustentáveis, com o objetivo alcançar níveis elevados de desempenho.

1. INTRODUÇÃO

Tomando por referência os pressupostos da Teoria da Dependência de Recursos de que o ambiente competitivo é a principal fonte de incertezas e restrições e que as firmas que controlam recursos têm poder sobre as demais firmas, ressaltados por Nienhüser (2008) e Davis e Cobb (2010), firmas buscam meios de reduzir o nível de incerteza e de viabilizar o acesso a recursos, tais como a adoção do *interlocking* como estratégia de governança e de acesso a recursos, principalmente informacionais.

Dentre as várias pesquisas que abordaram a temática do *interlocking*, tem-se a abordagem de seus efeitos no desempenho de firmas (DEL VESCO; BEUREN, 2016). Em alinhamento com a Teoria da Dependência de Recursos, a prática do *interlocking* contribui para a manutenção de níveis favoráveis de desempenho, ao viabilizar o acesso a recursos valiosos e informações estratégicas (MARTIN *et al.*, 2015) e para o desenvolvimento de uma perspectiva ampliada acerca do ambiente de negócios (SAIDIN *et al.*, 2013).

Outro aspecto relevante na determinação da variação do desempenho de firmas é o tamanho do conselho de administração. Em pesquisas recentes, foi identificado efeito positivo do tamanho do conselho de administração no desempenho da firma (CAVALCANTE *et al.*, 2019; ZUREIGAT *et al.*, 2024) e efeito positivo da independência do conselho no desempenho da firma (MIRONE *et al.*, 2021; AHMED *et al.*, 2023; ZUREIGAT *et al.*, 2024).

Tendo em vista a relevância da prática de *interlocking* e da composição do conselho de administração para o alcance de melhores níveis de desempenho econômico-financeiro das firmas, considerados os efeitos da indústria, tem-se como objetivo desse artigo analisar os efeitos exercidos pela prática de *interlocking* e pela composição do conselho de administração no desempenho econômico-financeiro de firmas brasileiras, ao longo do tempo, assim como os efeitos inerentes à própria firma e à indústria em que atua.

A amostra não balanceada é composta por dados de tamanho do conselho de administração e de *interlockings* praticados por indivíduos vinculados a 356 firmas brasileiras de capital aberto atuantes nas Indústrias da Construção, Manufatureira, Extrativa e do Transporte e ativas no período de 2018 a 2022. Este intervalo de tempo foi determinado por representar o contexto econômico anterior e posterior ao ano de 2020, caracterizado pela pandemia da SARS-CoV-2.

Com base nos resultados dos testes de hipóteses, realizados com a aplicação de modelagem multinível, se pode afirmar que há tendência de incremento do desempenho, mensurado por meio do Retorno sobre o Capital Investido médio (ROIC), com o passar do tempo, com tendência de redução quanto maiores forem o número de *interlockings* praticados por indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e o número de integrantes no conselho de administração, redução compensada pelo efeito positivo do número de indivíduos que pertencem ao conselho fiscal e que mantém relações formais com outras firmas. Quanto aos efeitos da indústria, da firma e da interação entre firma e tempo, a maior explicação de variância do desempenho por parte da firma reforça a perspectiva de que não basta ter contatos e fontes de informação, sendo preciso ter competência no uso da informação para que os resultados de desempenho sejam favoráveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os principais construtos trabalhados na pesquisa. Objetiva-se assim estabelecer o embasamento teórico dos temas nos quais serão derivadas as hipóteses de pesquisa, bem como servirão de referência para a construção do modelo teórico que estabelece a relação entre tais construtos.

2.1 Teoria da Dependência de Recursos e *interlocking*

A Teoria da Dependência de Recursos propõe que as firmas têm como um de seus objetivos minimizar sua dependência de recursos externos e aumentar seu poder sobre outros atores no ambiente por meio do estabelecimento de arranjos interorganizacionais, tais como *interlockings*, alianças e *joint ventures*, que podem aumentar a autonomia e legitimidade das firmas (DREES; HEUGENS, 2013).

Os *interlockings* exercem papel importante na adoção de estratégias competitivas pelas firmas, tendo em vista que o seu estabelecimento com firmas atuantes em indústrias *upstream* e *downstream* pode influenciar positivamente a estratégia corporativa (DREES; HEUGENS, 2013). Assim, os *interlockings* podem reduzir o nível de incerteza acerca da disponibilidade de recursos no ambiente competitivo, influenciando diretamente as escolhas estratégicas das firmas, além de reduzir a dependência contratual entre firmas, reduzindo o grau de intervenção de uma firma parceira na firma em foco (BRAUN *et al.*, 2019).

2.2 *Interlocking* e desempenho da firma

Pfeffer (1972) considera que o conselho de administração pode ser utilizado pelas organizações para minimizar os efeitos da dependência de fatores externos e da incerteza originada do ambiente externo. Segundo o autor, isso pode ser feito de duas maneiras não mutuamente excludentes: (a) por meio da eficiência dos processos produtivos, de forma a maximizar a utilização dos recursos e manter ou incrementar os negócios e (b) por meio da garantia de negócios favoráveis à organização, referenciados em relações políticas com os demais componentes do mercado, estabelecidas por meio de contratos formais de longo prazo ou por meio da estratégia de *interlocking* – situação na qual um membro de uma organização mantém relações formais com outras organizações, ao tomar parte dos conselhos de administração, das diretorias executivas ou de ambos.

Citando Jensen (1993), Silveira *et al.* (2003) apontam que os conselheiros internos têm menos condições de realizarem um controle efetivo das ações da diretoria, em função, principalmente, de seu crescimento na carreira depender diretamente da vontade do diretor executivo. Kiel e Nicholson (2003) identificaram que grandes empresas buscam monitorar e controlar a organização por meio de um conselho de diretores com muitos participantes, de um maior número de diretores exógenos à organização e da separação entre os papéis de presidente da empresa e de presidente do conselho.

Os resultados empíricos de estudos que abordam os efeitos do uso de *interlockings* no desempenho das firmas não seguem um padrão, com pesquisas que identificaram efeito positivo (UADIALE, 2010; DREES; HEUGENS, 2013; SAIDIN *et al.*, 2013; DIAS *et al.*, 2014; O'HAGAN, 2017; FARWIS; NAZAR, 2019; LUNARDI *et al.*, 2019; TJONDRO *et al.*, 2021; WATKINS-FASSLER *et al.*, 2023; YING *et al.*, 2024; SHREYA *et al.*, 2025) e efeito negativo (AKRAM; ABRAR UL HAQ, 2022; ALQAHTANI *et al.*, 2022), além de pesquisas que identificaram o papel do *interlocking* como moderador da relação entre concentração acionária e desempenho (SANTOS, 2023) e aquelas que não identificaram efeito (CHONG *et al.* 2023).

2.3 Configuração do conselho de administração e desempenho da firma

Boyd (1990) ressalta que o tamanho dos conselhos de administração deve ser otimizado – eles devem ser grandes o bastante para garantir que a organização tenha acesso a informações e recursos e pequeno o bastante para atuar com eficiência. Segundo o autor, tal otimização é dependente de dois pontos: em situações de escassez de recursos

e de incerteza no mercado. Nesses casos, (a) o conselho deve ser menor e (b) o número de *interlockings* deverá ser incrementado, configuração que permitirá maior rapidez na tomada de decisões e maior possibilidade de acesso a recursos e informações.

Conyon e Peck (1998), ao pesquisarem as relações entre tamanho do conselho e desempenho de corporações europeias, identificaram relação negativa entre o tamanho do conselho e o retorno para os acionistas, direcionando para o reforço da posição de Jensen (1993) de que grandes conselhos não são um mecanismo efetivo de controle corporativo. Os autores destacam que os resultados apurados podem ser dependentes das variáveis de desempenho utilizadas. Já Barnhart & Rosenstein (1998) reafirmaram os resultados de Conyon e Peck (1998), ao identificarem que organizações com conselhos de menor tamanho apresentaram melhor desempenho que aquelas com conselhos com maior número de integrantes.

De acordo com Silveira et al. (2003), um dos meios utilizados pelos principais para aumentar a probabilidade de obtenção do retorno de seus investimentos é estruturação do conselho de administração, principalmente se tomada por base a hipótese de que “a estrutura de governança afeta a qualidade da gestão e, consequentemente, o desempenho financeiro da empresa” (SILVEIRA et al., 2003, p. 57). Os autores constroem sua abordagem sobre a relação entre governança corporativa e desempenho financeiro no estudo de três variáveis: (a) separação dos cargos de diretor executivo e presidente do conselho; (b) tamanho do conselho; e (c) grau de independência do conselho, identificando o tamanho do conselho como a variável de maior influência no desempenho financeiro.

Conforme destacado por Merendino e Melville (2019), não há consenso empírico em relação aos efeitos exercidos por componentes da estrutura do conselho de administração no desempenho de firmas, tendo em vista a estimação de efeitos negativos (DIAS et al., 2014; DEBNATH et al., 2021; DO et al., 2021, HERNÁNDEZ-ATIENZA et al., 2024), de efeitos positivos (PEARCE II; ZAHRA, 1991; KIEL; NICHOLSON, 2003; OZDEMIR, 2020; DO et al., 2021, LIU; LIU, 2023; HERNÁNDEZ-ATIENZA et al., 2024) e de efeitos sem significância estatística (WANG et al., 2020; MEIRYANI et al., 2023).

4. HIPÓTESES DE PESQUISA

Considerando a perspectiva da Teoria da Dependência de Recursos acerca da relevância da indústria na definição da configuração da governança corporativa e, consequentemente, da adoção da prática de *interlocking*, com efeitos na variação do desempenho da firma, tem-se as seguintes hipóteses, as quais foram testadas por meio da estimação do componente de efeitos aleatórios, no modelo multinível apresentado mais à frente:

H1: A indústria na qual a firma atua explica maior proporção da variância do desempenho da firma.

H2: Uma maior proporção da variância do desempenho da firma é explicada pela própria firma.

H3: A interação entre a firma e o tempo explica maior proporção da variância do desempenho da firma.

Em alinhamento com os embasamentos teóricos apresentados e com os resultados de trabalhos empíricos que abordaram os efeitos da prática de *interlocking* e da configuração do conselho de administração, no desempenho de firmas, tem-se a proposição das seguintes hipóteses, as quais foram testadas por meio da estimação do componente de efeitos fixos, no modelo multinível:

H4: Quanto maior o número de interlockings por parte de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração, maior o desempenho da firma.

H5: Quanto maior o número de interlockings por parte de indivíduos que pertencem somente à diretoria executiva, maior o desempenho da firma.

H6: Quanto maior o número de interlockings por parte de indivíduos que pertencem ao conselho de administração e à diretoria executiva, maior o desempenho da firma.

H7: Quanto maior o número de interlockings por parte de indivíduos que pertencem ao conselho fiscal, maior o desempenho da firma.

H8: Quanto maior a proporção de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e mantêm interligação em relação ao total de interligações da firma, maior o desempenho da firma.

H9: Quanto maior o número de integrantes do conselho de administração, maior o desempenho da firma.

Ao se considerar que o desempenho das firmas varia ao longo do tempo, tem-se a hipótese:

H10: O desempenho da firma varia positivamente com o passar do tempo.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O componente aleatório do modelo longitudinal multinível estimado foi elaborado partindo dos pressupostos de que o desempenho das firmas varia ao longo do tempo de forma aleatória (Nível 1 - Firma-Ano) e que as próprias firmas (Nível 2 – Firma), assim como a indústria na qual atuam (Nível 3 – Indústria), exercem efeitos aleatórios na variação do desempenho – Equações 1, 2 e 3.

$$Y_{ijk} = \pi_{0jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

$$\pi_{0jk} = \beta_{00k} + r_{0jk} \quad (2)$$

$$\beta_{00k} = \gamma_{000} + \mu_{00k} \quad (3)$$

Onde:

Y_{ijk} = desempenho no ano i , da firma j , na indústria k ;

π_{0jk} = desempenho médio ao longo dos anos para a firma j , na indústria k ;

β_{00k} = desempenho médio das firmas na indústria k ;

γ_{000} = desempenho médio das firmas.

Com o objetivo de verificar a adequação da inclusão da variável independente Ano no Modelo Completo, caracterizando a abordagem longitudinal da pesquisa, foi estimado o modelo representado nas Equações 4, 5 e 6.

$$Y_{ijk} = \pi_{0jk} + \pi_{1jk}(\text{Ano}) + \varepsilon_{ijk} \quad (4)$$

$$\pi_{0jk} = \beta_{00k} + r_{0jk} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \pi_{1jk} &= \beta_{10k} + r_{1jk} \\ \beta_{00k} &= \gamma_{000} + \mu_{00k} \\ \beta_{10k} &= \gamma_{100} + \mu_{10k} \end{aligned} \quad (6)$$

Onde:

Y_{ijk} = desempenho no ano i , da firma j , na indústria k ;

π_{0jk} = desempenho médio ao longo dos anos para a firma j , na indústria k ;

π_{1jk} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, no ano i , da firma j , na indústria k , quando o tempo muda em uma unidade;

β_{00k} = desempenho médio das firmas na indústria k ;

β_{10k} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, entre as firmas da indústria k , quando o tempo muda em uma unidade;

γ_{000} = desempenho médio das firmas.

γ_{100} = taxa de variação esperada do desempenho das firmas, quando o tempo muda em uma unidade.

No Modelo Completo, componente de efeitos fixos do modelo multinível, considera-se que o desempenho das firmas varia ao longo do tempo e que essa variação é influenciada pela quantidade de cada tipo de *interlocking*, pelo número de integrantes no conselho de administração e pela proporção de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e possuem interligação com outra firma, em relação ao total de interligações da firma, sendo o tamanho da firma utilizado como variável de controle.

No nível 1 foi considerado o Ano como variável independente (Equação 8). As variáveis que representam os tipos de *interlocking* (Inter1, Inter2, Inter3 e Inter4), o número de integrantes do conselho de administração (TamCA), a proporção de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e mantêm *interlockings*, em relação ao total de *interlockings* da firma (Inter1xTI) e o tamanho da firma (Tam) foram incluídas no nível 2 (Equação 9). O nível 3 representa a Indústria na qual a firma atua e integra o modelo de efeitos aleatórios, assim como os demais níveis (Equação 10).

$$Y_{ijk} = \pi_{0jk} + \pi_{1jk}(\text{Ano}) + \varepsilon_{ijk} \quad (8)$$

$$\pi_{0jk} = \beta_{00k} + \beta_{01k}(\text{Inter1}) + \beta_{02k}(\text{Inter2}) + \beta_{03k}(\text{Inter3}) + \beta_{04k}(\text{Inter4}) + \beta_{05k}(\text{TamCA}) + \beta_{06k}(\text{Inter1xTI}) + \beta_{07k}(\text{Tam}) + r_{0jk} \quad (9)$$

$$\pi_{1jk} = \beta_{10k} + r_{1jk} \quad (10)$$

$$\beta_{00k} = \gamma_{000} + \mu_{00k}$$

$$\beta_{01k} = \gamma_{010} + \mu_{01k}$$

$$\beta_{02k} = \gamma_{020} + \mu_{02k}$$

$$\beta_{03k} = \gamma_{030} + \mu_{03k}$$

$$\beta_{04k} = \gamma_{040} + \mu_{04k}$$

$$\beta_{05k} = \gamma_{050} + \mu_{05k}$$

$$\beta_{06k} = \gamma_{060} + \mu_{06k}$$

$$\beta_{07k} = \gamma_{070} + \mu_{07k}$$

$$\beta_{10k} = \gamma_{100} + \mu_{10k}$$

Onde:

Y_{ijk} = desempenho no ano i , da firma j , na indústria k ;

π_{0jk} = desempenho médio ao longo dos anos para a firma j , na indústria k ;

π_{1jk} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, no ano i , da firma j , na indústria k , quando o tempo muda em uma unidade;

β_{00k} = desempenho médio das firmas na indústria k ;

β_{01k} a β_{04k} = taxa de variação esperada no desempenho da firma entre as firmas da indústria k , quando as variáveis de interligação mudam em uma unidade cada;

β_{05k} = taxa de variação esperada no desempenho da firma entre as firmas da indústria k , quando o tamanho do conselho de administração muda em uma unidade;

β_{06k} = taxa de variação esperada no desempenho da firma entre as firmas da indústria k , quando a proporção de indivíduos que pertencem somente ao conselho de adminis-

tração e mantém interligação, em relação ao total de interligações da firma, muda em uma unidade;

β_{07k} = taxa de variação esperada do desempenho da firma entre as firmas da indústria k , quando o tamanho da firma muda em uma unidade;

β_{10k} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, entre as firmas da indústria k , quando o tempo muda em uma unidade;

γ_{000} = desempenho médio das firmas;

γ_{010} a γ_{040} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, quando as variáveis de interligação mudam em uma unidade cada;

γ_{100} = taxa de variação esperada do desempenho das firmas, quando o tempo muda em uma unidade,

γ_{050} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, quando o tamanho do conselho de administração muda em uma unidade;

γ_{060} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, quando a proporção de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e mantém interligação, em relação ao total de interligações da firma, muda em uma unidade;

γ_{070} = taxa de variação esperada do desempenho da firma, quando o tamanho da firma muda em uma unidade;

γ_{100} = taxa de variação esperada no desempenho da firma, quando o tempo muda em uma unidade.

5. MÉTODOS

5.1 Caracterização da amostra

A amostra não balanceada é composta por dados de tamanho do conselho de administração e de *interlockings* praticados por indivíduos vinculados a 356 firmas brasileiras de capital aberto atuantes nas Indústrias da Construção, Manufatureira, Extrativa e do Transporte e ativas no período de 2018 a 2022. Este intervalo de tempo foi determinado por representar o contexto econômico anterior e posterior ao ano de 2020, caracterizado pela pandemia da SARS-CoV-2.

As estatísticas descritivas, para a variável Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE), representativa do desempenho, são apresentadas na Tabela 1. Conforme pode ser observado, há incremento nas médias nos anos posteriores a 2020, assim como para o desvio-padrão.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para desempenho (ROE)

Ano	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
2018	9,783	8,205	0,000	43,646
2019	10,414	9,675	0,653	53,385
2020	11,549	9,361	1,368	40,680
2021	18,788	17,345	0,000	109,337
2022	15,990	16,819	0,435	105,092

As estatísticas descritivas para as variáveis independentes representativas das práticas de *interlocking* são apresentadas na Tabela 2. Conforme pode ser observado, há pouca variação na média de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e que mantêm relações com outras firmas (Inter1), ao longo do período analisado. Resultado semelhante foi identificado para a média de indivíduos que pertencem somente à diretoria executiva e que mantêm relações com outras firmas (Inter2). Quanto aos indivíduos que ocupam posições simultaneamente na diretoria executiva e no conselho de administração, houve crescimento na média de *interlockings* (Inter3), nos anos de 2018 a 2020, com redução a partir do ano de 2020. Já em relação aos indivíduos que pertencem ao conselho fiscal e que mantêm interação com outras firmas (Inter4), houve redução na média ao longo do período analisado.

Ainda de acordo com a Tabela 2, a média da proporção de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração em relação ao total de membros do conselho de administração (Inter1xTI) se manteve em patamares similares ao longo do período e acima de 80,00%. Quanto ao tamanho do conselho (TamCA), a média de integrantes do conselho se situou acima de sete integrantes ao longo do período analisado, com o número máximo de integrantes reduzindo ao longo do tempo.

Tabela 2. Estatísticas descritivas para variáveis independentes

Ano	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e que mantêm relações com outras firmas (Inter1)				
2018	1,804	2,010	0,000	8,000
2019	1,627	1,766	0,000	7,000
2020	1,793	1,725	0,000	7,000
2021	1,900	1,581	0,000	6,000
2022	1,983	1,732	0,000	6,000
Indivíduos que pertencem somente à diretoria executiva e que mantêm relações com outras firmas (Inter2)				
2018	0,725	1,576	0,000	7,000
2019	0,882	1,840	0,000	8,000
2020	0,879	1,826	0,000	7,000
2021	0,833	1,843	0,000	8,000
2022	0,750	1,590	0,000	7,000
Indivíduos que ocupam posições simultaneamente na diretoria executiva e no conselho de administração (Inter3)				
2018	0,176	0,434	0,000	2,000

2019	0,157	0,418	0,000	2,000
2020	0,207	0,487	0,000	2,000
2021	0,183	0,504	0,000	3,000
2022	0,133	0,389	0,000	2,000
Indivíduos que pertencem ao conselho fiscal e que mantêm interação com outras firmas (Inter4)				
2018	1,784	1,911	0,000	6,000
2019	1,588	1,813	0,000	6,000
2020	1,534	2,028	0,000	7,000
2021	1,517	2,274	0,000	9,000
2022	1,383	2,116	0,000	9,000
Proporção de indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração em relação ao total de membros do conselho de administração (Inter1xTI)				
2018	83,316	15,206	40,000	100,000
2019	84,577	13,281	60,000	100,000
2020	84,662	14,187	60,000	100,000
2021	84,671	14,736	35,714	100,000
2022	85,751	14,647	50,000	100,000
Tamanho do conselho (TamCA)				
2018	7,451	3,833	3,000	21,000
2019	7,510	3,895	3,000	22,000
2020	7,293	3,593	3,000	22,000
2021	7,183	3,133	3,000	18,000
2022	7,050	3,127	3,000	18,000

5.2 Análise do modelo multinível

Para verificar a adequação da modelagem multinível para a abordagem dos efeitos dos modelos fixos e aleatórios sobre o desempenho das firmas que compõem a amostra, foi estimado o modelo não condicional (Nulo) representado nas Equações 1 a 3, já apresentadas.

Como etapa prévia ao processamento dos modelos, as variáveis foram centradas na média ao nível da indústria. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, o Modelo Completo se apresenta como o mais adequado à abordagem dos fatores influen-

ciadores do desempenho das firmas que integram a amostra estudada, tendo em vista que os valores apurados para os índices de ajuste *log-Likelihood* (*logLik*) e *Deviance* são menores que os valores apurados para os demais modelos (Nulo e Tempo).

Tabela 3. Comparação entre ajuste de modelos

Modelos	AIC	BIC	logLik	Deviance
Nulo	2.547,053	2.569,235	-1.267,526	2.535,052
Tempo	2.417,826	2.443,270	-1.201,913	2.403,826
Completo	2.404,929	2.455,816	-1.188,465	2.376,930

Legenda: AIC = *Akaike Information Criterion*; BIC = *Schwarz's Bayesian Information Criterion*; logLik = *log-Likelihood*.

Os resultados da estimação de parâmetros para o componente de efeitos aleatórios do Modelo Completo são apresentados na Tabela 4. Os valores apurados para o ICC indicam que há concentração de explicação de variância nos níveis da Firma e da Firma no Tempo, com contribuição irrisória do nível da Indústria. Tais resultados permitem afirmar que as características inerentes às firmas que integram a amostra se mostram relevantes para a explicação da variação do Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE), com menor contribuição dos fatores externos.

Tabela 4. Análise dos componentes de variância

Modelo	Indústria		Firma		Firma x Tempo		Residual
	Componente de Variância	ICC	Componente de Variância	ICC	Componente de Variância	ICC	
Completo	0,0015	0,0013	82,5656	76,0598	22,7728	20,9784	3,2137

Legenda: ICC = *Intraclass Correlation Index* (Índice de Correlação Intraclasse)

Quanto ao modelo de efeitos fixos - Tabela 5 -, foram identificados efeitos estatisticamente significantes e positivos para as variáveis Ano, Inter4 e Tam e negativo para as variáveis Inter1 e Tamboard. Tais resultados indicam o incremento do desempenho mensurado pela variável ROE ao passar dos anos e diretamente proporcional ao aumento do número de indivíduos que integram o Conselho Fiscal das firmas e que mantêm relações de interligação com outras firmas, assim como ao aumento do tamanho da firma. Foi identificada tendência de redução no desempenho da firma à medida em que aumentam o número de indivíduos que pertencem apenas ao Conselho de Administração e que mantêm relações formais de interligação com outras firmas e o número de integrantes do Conselho de Administração.

Tabela 5. Modelo de efeitos fixos

Indicadores	Parâmetros Estimados e Teste de Significância			
	Coeficientes	Intervalos de Confiança		Significância
		Limite Inferior	Limite Superior	
Intercepto	-3,7600	-6,4900	-0,9710	**
Ano	1,7600	0,4810	2,9800	**
Inter1	-1,7300	-3,4200	-0,1940	**
Inter2	-1,0800	-3,0100	0,8460	
Inter3	-2,2400	-8,2200	3,2300	
Inter4	1,5500	0,1550	2,8700	*
TamCA	-0,8680	-1,6600	-0,1300	*
Inter1xTI	-0,0690	-0,2660	0,1300	
Tam	2,0600	0,0002	4,8200	***

Legenda: * = significante a 10,0%; ** = significante a 5,00%; *** = significante a 1,00%

Tomando por referência os resultados da estimação do componente aleatório do modelo multinível, a hipótese *H2* não foi rejeitada, tendo em vista o valor de ICC apurado para o segundo nível do modelo estimado (Firma). Consequentemente, as hipóteses *H1* e *H3* foram rejeitadas.

Quanto aos efeitos da prática de *interlocking* e da configuração do conselho de administração no desempenho de firmas, apurados por meio do componente fixo do modelo multinível, tem-se a não rejeição da hipótese *H7*, tendo em vista a estimação de efeito positivo e estatisticamente significativo ($g = 1,5500$). Quanto às demais hipóteses, sua rejeição se dá em virtude da não-significância estatística do coeficiente estimado (*H5*, *H6* e *H8*) ou do sinal do coeficiente estimado, contrário ao preconizado no enunciado da hipótese (*H4* [$g = -1,7300$] e *H9* [$g = -0,8680$]). A hipótese que aborda a variação longitudinal do desempenho (*H10*) não foi rejeitada em função da estimação de coeficiente positivo e estatisticamente significativo ($g = 1,7600$).

6. CONCLUSÃO

A Teoria da Dependência de Recursos preconiza a prática de *interlocking* como um dos meios de se reduzir a assimetria de acessos a recursos e, consequentemente, a outros tipos de recursos, de forma que as firmas possam alcançar seus objetivos de desempenho. Outro ponto que pode contribuir para o alcance dos objetivos das firmas é a composição do conselho de administração, considerados os efeitos da indústria. O objetivo dessa pesquisa foi analisar os efeitos exercidos pela prática de *interlocking* e pela composição do conselho de administração no desempenho econômico-financeiro de firmas brasileiras, ao longo do tempo, assim como os efeitos inerentes à própria firma e à indústria em que atua, durante os períodos pré, durante e pós-pandemia.

Com base nos resultados dos testes de hipóteses, realizados com a aplicação de modelagem multinível, se pode afirmar que há tendência de incremento do desempenho, mensurado por meio do Retorno sobre o Capital Investido médio (ROIC), com o passar do tempo, com tendência de redução quanto maiores forem o número de *interlockings* praticados por indivíduos que pertencem somente ao conselho de administração e o número de integrantes no conselho de administração, redução compensada pelo efeito positivo do número de indivíduos que pertencem ao conselho fiscal e que mantêm relações formais com outras firmas. Quanto aos efeitos da indústria, da firma e da interação entre firma e tempo, a maior explicação de variância do desempenho por parte da firma reforça a perspectiva de que não basta ter contatos e fontes de informação, sendo preciso ter competência no uso da informação para que os resultados de desempenho sejam favoráveis.

Quanto a pesquisas futuras, propõe-se a realização de análises comparativas da estimação do modelo proposto entre firmas brasileiras e firmas que atuam em outros contextos macroeconômicos e competitivos, além do uso de algoritmos genéticos para a identificação da composição ótima de *interlockings*, que permite a maximização do desempenho de firmas.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, O., *Khalaf, B. A.*, & Awad, A. B. (2023). Impact of corporate social responsibility and corporate governance on the performance of nonfinancial companies [Special issue]. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 7(4), 370–379. DOI: <https://doi.org/10.22495/cgobrv7i4sip15>
- Akram, F., & *Abrar Ul Haq, M.* (2022). Integrating agency and resource dependence theories to examine the impact of corporate governance and innovation on firm performance. *Cogent Business & Management*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/23311975.2022.2152538>
- Alqahtani, J., *Duong, L.*, Taylor, G., & Eulaiwi, B. (2022). Outside directors, firm life cycle, corporate financial decisions and firm performance. *Emerging Markets Review*, 50, 100820. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2021.100820>
- Barnhart, S. W., & Rosenstein, S. (1998). Board composition, managerial ownership, and firm performance: An empirical analysis. *The Financial Review*, 33(4), 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6288.1998.tb01395.x>
- Boyd, B. (1990). Corporate linkages and organizational environment: A test of the resource dependence model. *Strategic Management Journal*, 11(6), 419-430. <https://doi.org/10.1002/smj.4250110602>
- Braun, M., *Briones, I.*, & Islas, G. (2019). Interlocking directorates, access to credit, and business performance in Chile during early industrialization. *Journal of Business Research*, 105, 381-388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.12.052>
- Cavalcante, D. S., Vasconcelos, A. C., Cardoso, V. I. C., & Machado, M. V. V. (2019). Redes interorganizacionais e criação de valor corporativo no Brasil. *REPEC – Journal of Education and Research in Accounting*, 13(3), 343-360. DOI: <http://dx.doi.org/10.17524/repec.v13i3.2421>
- Chong, L. Y. J., Jong, L., & Yap, C. S. (2023). Board capital and firm performance. *MATEC Web of Conferences* 377, 02005. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202337702005>

- Conyon, M. J., & Peck, S. I. (1998). Board size and corporate performance: Evidence from European countries. *The European Journal of Finance*, 4(3), 291-304. <https://doi.org/10.1080/135184798337317>
- Davis, G.F. and Adam Cobb, J. (2010). Chapter 2 Resource dependence theory: Past and future. Bird Schoonhoven, C. and Dobbin, F. (Ed.), *Stanford's Organization Theory Renaissance, 1970–2000* (Research in the Sociology of Organizations, Vol. 28), Emerald Group Publishing Limited, Leeds, pp. 21-42. DOI: [https://doi.org/10.1108/S0733-558X\(2010\)0000028006](https://doi.org/10.1108/S0733-558X(2010)0000028006)
- Debnath, P., Das, P., Laskar, N., Khan, S. B., Dhand, S., & Kaushal, K. (2021). CEO duality and firm performance: An empirical study on listed companies from an emerging market [Special issue]. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 5(2), 194–202. DOI: <https://doi.org/10.22495/cgobrv5i2sip7>
- Del Vesco, D. G., & Beuren, I. M. (2016). Do the board of directors composition and the board interlocking influence on performance? *BAR – Brazilian Administration Review*, 13(2), e160007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-7692bar2016160007>
- Dias, A. T., Pardini, D. J., Mesquita, J. M. C., De Muyllder, C. F., & De-Carvalho, J. P (2014). As estratégias corporativas como mediadoras das relações entre estrutura do conselho de administração e desempenho de empresas de capital aberto. *Contabilidade Gestão E Governança*, 17(3), 71-88.
- Do, D. T., Pham, T. T. H., Tran, B. M., & Tran, M. D. (2021). Impact of corporate governance on financial performance: The case of listed warehouse transportation firms in emerging economy. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 5(2), 32–43. DOI: <https://doi.org/10.22495/cgobrv5i2p3>
- Drees, J. M., & Heugens, P. P. M. A. R. (2013). Synthesizing and Extending Resource Dependence Theory: A Meta-Analysis. *Journal of Management*, 39(6), 1666-1698. DOI: <https://doi.org/10.1177/0149206312471391>
- Farwis, M., & Nazar, M. C. A. (2019). Interlocking directorate and firm performance of listed companies in Sri Lanka. *Asian Journal of Research in Banking and Finance*, 9(3), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.5958/2249-7323.2019.00003.8>
- Hernández-Atienza, F., Rodríguez-Sanz, J. A., Tejerina-Gaite, F. (2024). The pathways of board diversity in European contexts: Exploring the influence of director types on firm performance. *Research in International Business and Finance*, 72(A), 102501. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102501>
- Jensen, M. C. (1993). The modern industrial revolution, exit, and the failure of internal control mechanisms. *Journal of Finance*, 48(3), 831-880. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb04022.x>
- Kiel, G. C., & Nicholson, G. J. (2003). Board composition and corporate performance: How the Australian experience informs contrasting theories of corporate governance. *Corporate Governance: An International Review*, 11(3), 189-205. <https://doi.org/10.1111/1467-8683.00318>
- Liu, J. J.; & Liu, Y. (2023). Multiple directorships and firm performance: Evidence from independent director effort allocation in Hong Kong. *Pacific-Basin Finance Journal*, 79, 102051. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2023.102051>
- Lunardi, M. A., Barbosa, E. T., & Cunha, P. R. (2019). Relationship between board interlocking and persistence in profits. *BASE – Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos*, 16(4), 589-613. DOI: <https://doi.org/10.4013/base.2019.164.04>

- Martin, G., Gözübüyük, R. and Becerra, M. (2015), Interlocks and firm performance: The role of uncertainty in the directorate interlock-performance relationship. *Strategic Management Journal*, 36, 235-253. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.2216>
- Merendino, A., & Melville, R. (2019). The board of directors and firm performance: empirical evidence from listed companies. *Corporate Governance*, 19(3), 508-551. DOI: 10.1108/CG-06-2018-0211
- Meiryani, M. F., Rivaldo, K., Ariefianto, M. D., Winoto, A., Wahyuningtias, D., & Syamil, A. (2023). Corporate governance and return on assets in mining industry companies: The developing market study. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 7(4), 94-103. DOI: <https://doi.org/10.22495/cgobrv7i4p8>
- Mirone, F., Sancetta, G., Sardanelli, D., & Mele, S. (2021). How independent directors affect firms' performance and sustainability: An analysis of Italian firms. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 5(2), 72-81. <https://doi.org/10.22495/cgobrv5i2p7>
- Nienhüser, W. (2008). Resource Dependence Theory - how well does it explain behavior of organizations? *Management Revue*, 19(1/2), 9-32. <http://www.jstor.org/stable/41783569>
- O'Hagan, S. B. (2017). An exploration of gender, interlocking directorates, and corporate performance. *International Journal of Gender and Entrepreneurship*, 9(3), 269-282. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJGE-09-2016-0032>
- Ozdemir, O. (2020). Board diversity and firm performance in the U.S. tourism sector: The effect of institutional ownership. *International Journal of Hospitality Management*, 91, 102693. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102693>
- Pearce II, J. A., & Zahra, S. A. (1991). The relative power of CEOs and Boards of Directors: associations with corporate performance. *Strategic Management Journal*. 12(2), 135-153. <http://www.jstor.org/stable/2486343>
- Pfeffer, J. (1972). Size and composition of corporate boards of directors: The organization and its environment. *Administrative Science Quarterly*, 17, 218-228. <https://doi.org/10.2307/2393956>
- Saidin, N., Malek, M., & Saidin, S. F. (2013). The impact of interlocking directorates on corporate performance of Bursa Malaysia listed companies. *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, 21(S), 111-126
- Santos, J. E. (2023). Desempenho e concentração acionária no Brasil: as características dos conselhos de administração podem interferir nesta relação? *BASE – Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos*, 20(1), 1780-1806. DOI: <https://doi.org/10.4013/base.2023.202.06>
- Shreya B., Jayati S., & Ekta S. (2025). Women director interlocks and firm performance: Evidence from India, *Pacific-Basin Finance Journal*, 90, 102616. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2024.102616>.
- Silveira, A. D. M. da, Barros, L. A. B. de C., & Famá, R. (2003). Estrutura de governança e desempenho financeiro nas companhias abertas brasileiras: Um estudo empírico. *Caderno de Pesquisas em Administração*, 10(1), 57-71.
- Ying, T., Zhenzhong, M., Dapeng, L., Shenyi, S., & Yuhang Z. (2024). The moderating effect of national culture on board interlocks' impact on firm performance: A meta-analysis. *Journal of Business Research*, 183, 114816. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114816>
- Tjondro, E., Chang, N., Lianata, I., Yuliani, V., & Prayitno, N. (2021). Does board interlock control high-tech performance? Evidence from ASEAN's growth countries. *AKRUAL: Jurnal Akuntansi*, 12(12), 117-131. DOI: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/aj>

- Uadiale, O. M. (2010). The impact of board structure on corporate financial performance in Nigeria. *International Journal of Business and Management*, 5(10), 155-166.
- Wang, Y., *Abbasi, K.*, Babajide, B., Yekini, K. C. (2020). Corporate governance mechanisms and firm performance: evidence from the emerging market following the revised CG code. *Corporate Governance*, 20(1), 158-174. DOI: <https://doi.org/10.1108/CG-07-2018-0244>
- Watkins-Fassler, K., *Rodríguez-Ariza, L.*, Fernández-Pérez, V., & Briano-Turrent, G.d.C.. (2024). Interlocking directorates and family firm performance: an emerging market's perspective. *Journal of Family Business Management*, 14(1), 45-63. DOI: <https://doi.org/10.1108/JFBM-02-2023-0018>
- Zureigat, B. N., Al-Hazimeh, A. M., Batayneh, R., & Alrawashedh, N. H. (2024). Does board of directors affect financial performance? A study of the Jordanian companies. *Uncertain Supply Chain Management*, 12, 1441–1450. DOI: 10.5267/j.uscm.2024.4.007

CICLOS ECONÔMICOS E DISTORÇÕES MONETÁRIAS: UMA LEITURA DA ESCOLA AUSTRIACA DOS ÚLTIMOS 21 ANOS NO BRASIL

LAURO GONÇALVES AGUIAR

laurog.aguiar@outlook.com

CLAUDIO DIJSSEY SHIKIDA (IBMEC)

claudio.shikida@professores.ibmec.edu.br

LUIZ CARLOS DAY GAMA (IBMEC)

luiz.gama@professores.ibmec.edu.br

RESUMO

Este estudo examina a aplicabilidade da Teoria Austríaca dos Ciclos Econômicos (TACE) ao contexto brasileiro entre 2004 e 2024, investigando como distorções monetárias e creditícias geram desequilíbrios na estrutura produtiva. O objetivo é analisar se os ciclos econômicos brasileiros podem ser explicados pela TACE através da verificação de três hipóteses: independência entre crédito e poupança, causalidade entre expansão monetária e distorções nos juros, e efeitos distintos sobre setores produtivos conforme sua intensidade de capital. A metodologia emprega modelos vetoriais autorregressivos com variáveis exógenas (VARX) utilizando o procedimento Toda-Yamamoto para testes de causalidade de Granger. Os resultados demonstram validação das hipóteses, com uma quantidade expressiva de modelos apresentando significância estatística, revelando que setores intensivos em capital respondem mais rapidamente aos choques monetários. A incorporação da Federal Funds Rate como variável exógena revelou-se crucial, evidenciando significância estatística em múltiplos modelos com *spread* das taxas de juros.

Palavras-chaves

Teoria Austríaca dos Ciclos Econômicos; Política Monetária; Modelos VARX

1. INTRODUÇÃO

Os ciclos econômicos brasileiros das últimas duas décadas – do boom das commodities à recessão de 2014-2016 e à pandemia de COVID-19 – ressaltam a persistência e a complexidade das flutuações econômicas. Para compreender tais fenômenos, é crucial uma teoria do ciclo econômico que reconheça a complexidade inerente a essas flutuações e que integre conhecimentos da teoria dos preços, da teoria monetária e da teoria do capital. Embora a teoria do ciclo de Hayek (2008) não seja amplamente reconhecida no *mainstream* econômico, a teoria ocupa um lugar de destaque dentro da estrutura da Escola Austríaca, fornecendo insights sobre o funcionamento da economia que são tão valiosos hoje quanto eram há meio século (GARRISON, 1986).

Nesse contexto, a Teoria Austríaca dos Ciclos Econômicos (TACE) atribui flutuações econômicas a distorções monetárias e creditícias que geram desequilíbrios na estrutura produtiva. Essa teoria demonstra como uma perturbação monetária pode induzir uma descoordenação intertemporal das atividades econômicas, resultando em um “boom artificial”. Mises (1953) em particular, via os ciclos econômicos tendo como impulso inicial a expansão excessiva do crédito pelos bancos centrais e Hayek (2008) enxergava o mecanismo de propagação a má alocação de capital entre investimentos de curto e longo prazo.

A TACE, portanto, aborda a interconexão entre as forças de mercado que geram essas flutuações. Desenvolvida por Wicksell (1898), Mises (1953) e Hayek (2008), a TACE postula que os ciclos resultam de intervenções monetárias sistemáticas: reduções artificiais nas taxas de juros, via expansão creditícia desvinculada da poupança real, distorcem os preços relativos e induzem má alocação de recursos ao longo da cadeia produtiva.

A literatura internacional tem validado aspectos da TACE em economias desenvolvidas (KEELER, 2001; BISMANS E MOUGEOT, 2009) e emergentes (RIVERO, 2022). Para o Brasil, Heck (2020) aplicou pioneiramente a metodologia VAR no período 2004-2019. Contudo, permanecem lacunas: a análise do período pandêmico e a análise da política monetária americana (*Federal Funds Rate*).

O objetivo deste trabalho é analisar se os ciclos econômicos no Brasil nos últimos 21 anos podem ser explicados por TACE por meio de um modelo vetorial autorregressivo com variáveis exógenas (VARX). Para isto, o trabalho utiliza o conceito de causalidade de Granger (1969) sob a ótica de Toda-Yamamoto (1995).

Hayek (2008), gera uma distorção monetária que descoordena os planos de investimento e consumo, fomentando um *boom* artificial.

Durante essa fase, os preços relativos e a alocação de recursos são distorcidos, criando incentivos para projetos de longo prazo insustentáveis. Contudo, à medida que os agentes percebem a inconsistência entre os sinais dos preços e a realidade econômica — como a escassez de poupança real —, a descoordenação torna-se evidente, marcando o início da crise. Este momento caracteriza-se pelo ajuste abrupto dos preços e pela liquidação de investimentos mal alocados, processos que restabelecem a conexão entre os fundamentos econômicos e as expectativas, inaugurando a fase de recuperação.

Os movimentos de expansão e retração econômica sob a ótica da TACE são causados por um cluster de erros (HÜLSMANN, 1998 apud MAIA, STEINREICH E ALBUQUERQUE, 2019, p. 389), logo, entende-se que os erros afetam ciclicamente o PIB, positivamente e negativamente. Posto isso, mesmo que no Brasil haja uma datação formal pela CODACE de três recessões entre 2004 e 2024, a saber em 2009, 2014 a 2016 e 2020, neste trabalho não será feita uma análise de cada ciclo individualmente.

1.1 TEORIA DO BOOM INSUSTENTÁVEL

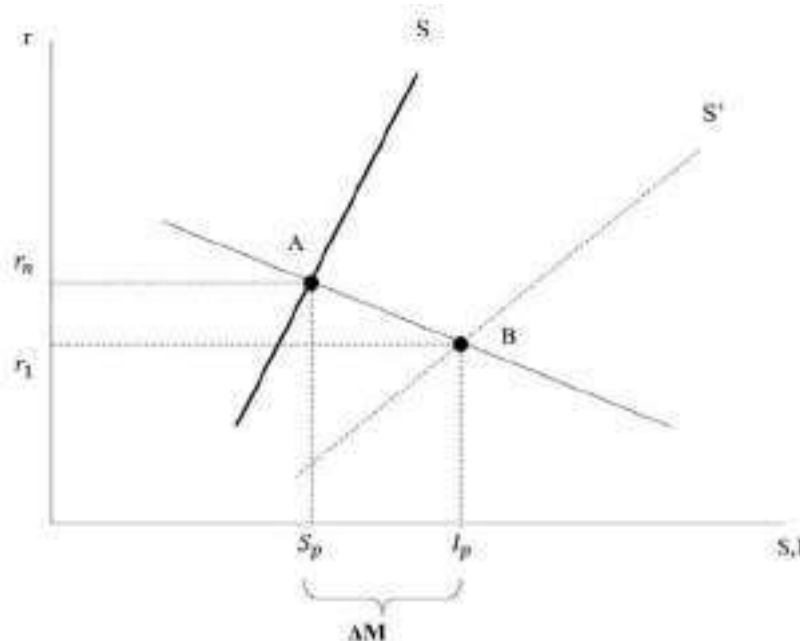
O papel do empreendedor, segundo a ótica da Escola Austríaca, é fundamental para uma economia. Ao identificar e explorar oportunidades por meio de diferenciais de preços, ele contribui para o cálculo econômico e auxilia na coordenação e no ajuste de uma vasta gama de informações dispersas na sociedade — informações que nenhuma autoridade central é capaz de controlar plenamente (HAYEK, 1935; KIRZNER, 2022).

Nessa linha, um elemento central da compreensão da TACE está na compreensão dos mercados como processos dinâmicos de descoberta e de coordenação temporal (Iorio, 1997). Os preços nada mais são do que sinais de coordenação no processo de mercado, logo, quando a política monetária gera um hiato entre as taxas de juros de mercado e a taxa natural de juros, os preços passam a descoordenar a atividade empresarial, pois os sinais que antes coordenavam a alocação de recursos, passam a gerar falsos sinais. A atividade empreendedora inerentemente arriscada, torna-se nesse contexto ainda mais desafiadora, sobretudo em países emergentes, como o Brasil.

Esse processo de descoordenação passa pelo que é chamado de “poupança forçada” (HAYEK, 2008). Políticas monetárias expansionistas geram poupança fantasiosa, que nasce a partir da nova oferta de moeda. Ou seja, a redução da taxa de juros de mercado em relação a taxa natural ocasiona a elevação da oferta de empréstimos, e a partir disso, cria-se um descompasso no curso dos investimentos em meio a poupança real e as preferências intertemporais.

A “poupança forçada” pode ser visualizada pela diferença entre a poupança planejada e o investimento planejado, que é representada na Figura 5 por “ ΔM ”. A taxa de juros é representada por “ r ”, sendo “ S ” a poupança, “ I ” o investimento, “ S_p ” a poupança planejada, “ I_p ” o investimento planejado, r_n a taxa de juros natural e r_1 a taxa de juros de mercado

Figura 1 - A criação da poupança forçada



Fonte: Elaborado pelo autor com base em IORIO (1997).

A expansão monetária amplia artificialmente a oferta de fundos emprestáveis, distanciando o investimento da poupança real, conforme Garrison (2001). Essa poupança forçada, derivada da criação de moeda, induz os agentes a elevarem o investimento além das preferências intertemporais de consumo. O resultado é uma descoordenação

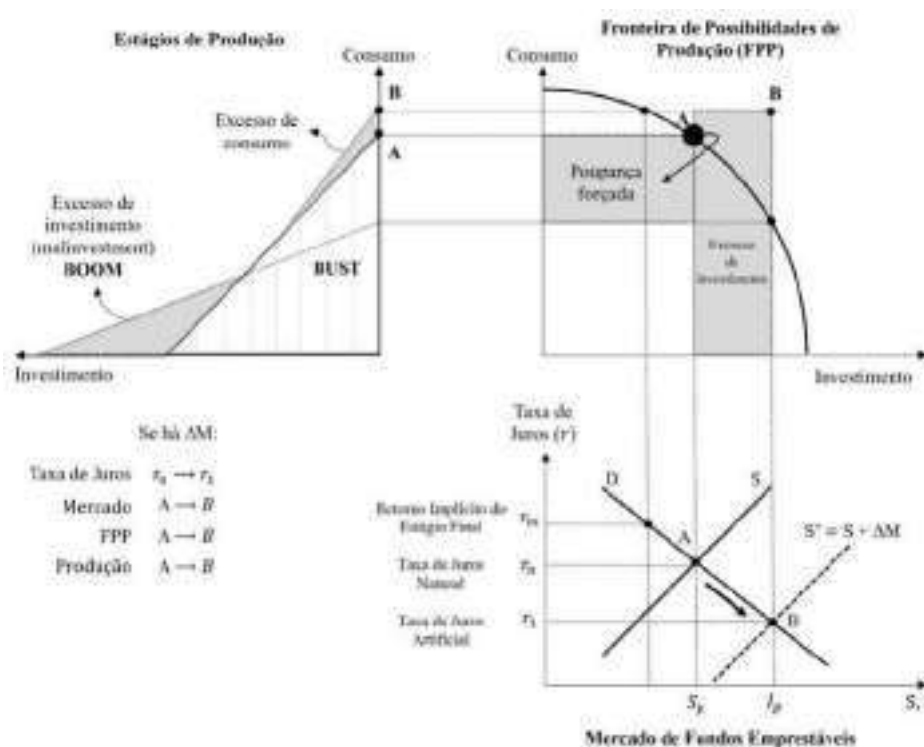
intertemporal: projetos de longo prazo são iniciados com base em uma taxa de juros artificialmente baixa, mas insustentáveis diante da escassez futura de poupança real.

Essa descoordenação faz a estrutura de produção se tornar mais indireta, ou “*roundaboutness*”, termo criado por Böhm-Bawerk (1890), isto é, o número de estágios que compõe o processo produtivo aumenta. Como pode ser visto na Figura 6, há um boom que promove investimentos em bens superiores (bens em estágios iniciais de produção).

A expansão monetária artificial provoca uma dissociação entre poupança e investimento, pois enquanto a poupança real diminui com taxas de juros artificialmente reduzidas, o investimento cresce devido à expansão da oferta de fundos emprestáveis

Dessa forma, duas forças opostas emergem simultaneamente, sobrepondo-se ao crescimento sustentável anteriormente representado pela Fronteira de Possibilidades de Produção (FPP). Por um lado, os indivíduos, induzidos à poupança forçada, aumentam suas preferências temporais e passam a consumir mais no presente. Por outro, o mercado de investimentos, beneficiado pelo aumento artificial dos fundos emprestáveis, também expande seus projetos produtivos. O resultado desse embate é uma combinação temporária de consumo e investimento que ultrapassa os limites sustentáveis definidos pela FPP e se move em sentido horário Garrison (2001).

Figura 2 - Descoordenação Intertemporal



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Garrison (2001).

A analogia com a coordenação semafórica oferece uma metáfora interessante para compreender a dinâmica de ajuste na fase final da TACE. Assim como em um sistema de tráfego complexo, onde sinais descentralizados (semáforos, sensores e algoritmos) coordenam fluxos veiculares sem colisões, os preços relativos em uma economia em declínio atuam como mecanismos de sinalização em tempo real, ajustando-se de forma descentralizada por meio da interação entre agentes heterogêneos – governos, famílias, empreendedores e indivíduos (KIRZNER, 2022).

Contudo, assim como falhas na sincronização semafórica podem gerar congestionamentos, os *malinvestments* acumulados durante o boom econômico – particularmente em estágios intermediários e remotos da estrutura de produção – resultam em “colisões intertemporais” de recursos. Empresários que alocaram capital intensivamente em projetos insustentáveis, distorcidos por taxas de juros artificialmente baixas, enfrentam danos estruturais de longo prazo, muitas vezes irreversíveis, devido à incompatibilidade entre a capacidade produtiva expandida e a demanda efetiva (HAYEK, 2002).

Nesse contexto, o processo de liquidação de investimentos emerge como um feedback loop crítico. À semelhança de motoristas reorientando rotas diante de bloqueios, os empreendedores são compelidos a um “procedimento de descoberta” (Hayek, 2002, p. 10), no qual recalibram expectativas e realocam recursos fragmentados. Esse processo, conforme Hayek (2002), reflete a natureza espontânea do sistema de preços, que transmite informações dispersas sobre escassez relativa e preferências temporais, mesmo em meio a distorções anteriores.

Assim, a recuperação econômica assemelha-se à restauração do fluxo de tráfego após um acidente: lenta e custosa, mas inevitável quando os sinais (preços) são permitidos operar sem interferências exógenas. A TACE enfatiza, portanto, que distorções prévias na estrutura produtiva não invalidam a capacidade adaptativa do mercado, mas explicam a magnitude e a dinâmica dos processos de coordenação (ou descoordenação) intertemporal.

1.2 ESTUDOS EMPÍRICOS

Esta seção estabelece a fundamentação teórica através de pesquisas que analisaram a aplicabilidade da Teoria Austríaca dos Ciclos Econômicos (TACE) em diferentes países, com foco na compreensão dos ciclos econômicos brasileiros. O estudo de HECK (2020) destaca-se como principal referência na literatura nacional, explorando empiricamente a TACE no Brasil e constituindo a base central desta análise.

A dissertação de Heck (2020) adota o arcabouço teórico da TACE para examinar a relação entre expansão da oferta monetária e variações nas taxas de juros no período 2004-2019, investigando se mudanças na poupança ocorrem independentemente da expansão do crédito bancário e se oscilações nas taxas de juros geram distorções na estrutura intertemporal de produção. Os efeitos diretos da política monetária foram observados sobre a produção industrial setorial e agregada, PIB e utilização da capacidade industrial, empregando o teste de não causalidade de Granger através de modelo VAR bivariado conforme Toda-Yamamoto (1995), utilizando dados do Banco Central.

Os resultados confirmaram a interdependência entre poupança e crédito bancário (primeira hipótese) e demonstraram, através de quatro modelos econométricos, que variações nos spreads das taxas de juros são influenciadas pelas flutuações na oferta monetária (segunda hipótese). A terceira hipótese não encontrou suporte empírico, pois os spreads das taxas de juros apresentaram baixa significância estatística para explicar as variações na produção industrial brasileira.

Ainda nesse contexto, Rivero (2022) aplica a abordagem austríaca aos ciclos econômicos mexicanos (2011-2020) utilizando o teste de não causalidade de Granger via modelo VAR. O estudo estabelece três hipóteses principais: que a expansão creditícia pelo Banco do México gera desequilíbrio entre taxas natural e de mercado, influenciando expectativas sobre demanda futura de dinheiro; que esse desequilíbrio resulta em volatilidade nos projetos empresariais, afetando inversamente a produção industrial; e que alterações na estrutura intertemporal do capital vinculam-se ao padrão cíclico, manifestando-se pelo aumento da produção de matérias-primas no início do ciclo expansivo.

Os resultados confirmaram a hipótese do “efeito liquidez” resultante da expansão creditícia, causada pelo desalinhamento entre taxa natural e de mercado, explicado principalmente pelas expectativas inflacionárias dos agentes. As conclusões de Rivero (2022) são cruciais para explorar a teoria austríaca dos ciclos em economias emergentes, tema que será desenvolvido nas próximas seções com dados brasileiros.

2. METODOLOGIA

Neste segmento, examinaremos as séries temporais empregadas, as proposições teóricas e o arcabouço metodológico que se baseará predominantemente em Heck (2020), dentro do qual os resultados serão avaliados. A implementação do VARX fundamenta-se na proposta deste autor para mensurar o efeito da política monetária americana na determinação dos juros brasileiros e, conseqüentemente, nas flutuações cíclicas da economia brasileira.

As contribuições acadêmicas de Le Roux e Levin (1998), Carilli e Dempster (2008) e Neira, Bagus e Aria (2013) têm considerável importância na formulação de hipóteses, bem como na seleção de variáveis e nas transformações realizadas.

2.1 BASE DE DADOS

A análise empregou séries temporais provenientes de bases de dados secundárias, abrangendo o período de janeiro de 2004 a dezembro de 2024, com exceção do saldo de crédito livre (CREDL) e saldo de crédito direcionado (CREDD) que começam em março de 2007 e finalizam em dezembro de 2024, predominantemente em frequência mensal. Toda a análise quantitativa foi feita no R Studio e as transformações, que serão explicadas adiante, foram baseadas em Heck (2020). As variáveis utilizadas compreendem:

Quadro 1 - Descrição geral do banco de dados

Variável	Série	Descrição	Fonte e Código
MOEDA	Depósitos à vista (DV).	Em Reais, trimestral, logaritmizada (média dos dias úteis do mês). De 2004 a 2024T4.	Série 27787 (BACEN(a))
	Meios de pagamento amplo M1.	Em Reais, trimestral, logaritmizada e com ajuste sazonal (saldo em final de período). De 2004 a 2024T4.	Série 27841 (BACEN(a))
	Meios de pagamento amplo M2.	Em Reais, trimestral, logaritmizada e com ajuste sazonal (saldo em final de período). De 2004 a 2024T4.	Série 27842 (BACEN(a)).

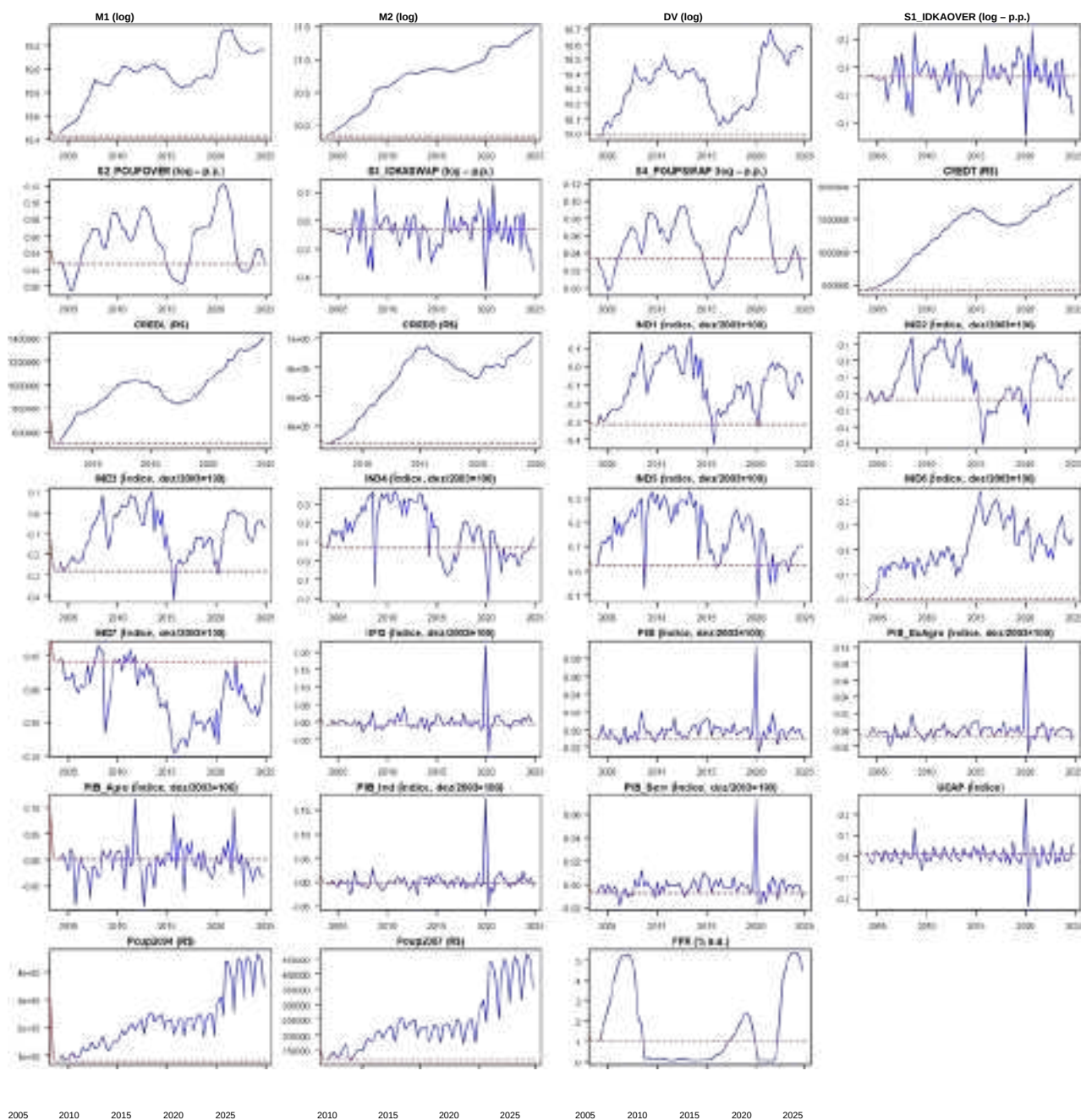
SPREAD	É a diferença entre as taxas de juros de longo prazo e curto prazo. Taxa de juros de curto prazo: Taxa Selic over; Swaps DI pré-fixada com prazo de 180 dias.	$SPREAD = \ln [(1 + \text{taxa natural de juros}) \div (1 + \text{taxa de juros de mercado})]$. Percentual, trimestral, taxa média referente aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4. Percentual, trimestral, taxa média referente aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4.	Série 4189 (BACEN(a)). Série 7826
	Taxa de juros de longo prazo: Índice IDkA indexado ao IPCA com duração de 10 anos;	Percentual, trimestral, obtido a partir da média das taxas diárias referentes aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4.	Séries IDkA e NTN-B (ANBIMA(c) e Tesouro Nacional^[1](c)).
	Taxa de poupança.	Percentual, trimestral, obtida a partir das séries poupança e renda nacional disponível, suavizada por meio do filtro HP^[2]. De 2004 a 2024T4.	Séries Poupança e Renda nacional disponível (IBGE(b)).
POUPANÇA	Poupança bruta (Poup2004 e 2007)	Em Reais, trimestral, não ajustada sazonalmente. De 2004T1 a 2024T4.	Série Poupança bruta (IBGE(b)).
CRÉDITO	Saldo da carteira de crédito total (CREDIT). Saldo da carteira de créditos livres (CREDL). Saldo da carteira de créditos direcionados (CREDD).	Em Reais, trimestral, obtida com base no saldo final referente aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4. Em Reais, trimestral, obtida com base no saldo final referente aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2007 a 2024T4.	Série 20539 (BACEN(a)). Série 20542 (BACEN(a)). Série 20593 (BACEN(a)).

[1] Como a série IDkA10 só tem dados a partir de janeiro de 2006, recorreremos às taxas de juros das Notas do Tesouro Nacional – série B, com vencimento em agosto de 2024, para estender a série até os anos de 2004 e 2005, conforme Heck (2020).

[2] O filtro de Hodrick–Prescott (1997) decompõe séries temporais em tendência e ciclo para mitigar o viés de início e fim de amostra (end-point bias).

INDÚSTRIA	Indústria geral (IIPG). Bens de capital (BCAP). Bens de consumo duráveis (BCDUR). Extrativa mineral (EXTRM). Indústria de transformação (INDTR). Bens intermediários (BINT). Bens de consumo semi e não-duráveis (BCSND).	Índices trimestrais com ajuste sazonal. Valores referentes aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4. (dez de 2003 = 100).	Série 28503 (IBGE(a)). Série 28504 (IBGE(a)). Série 28506 (IBGE(a)). Série 28509 (IBGE(a)). Série 28505 (IBGE(a)). Série 28507 (IBGE(a)). Série 28510 (IBGE(a)).
PRODUTO (PIB)	Índice de atividade econômica do Banco Central (IBC-Br). Índice de atividade econômica do Banco Central (IBC-Br - Ex Agro). Índice de atividade econômica do Banco Central (IBC-Br - Agro). Índice de atividade econômica do Banco Central (IBC-Br - Indústria). Índice de atividade econômica do Banco Central (IBC-Br - Serviços).	Índice trimestral com ajuste sazonal. Valores referentes aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4. (dez de 2003 = 100).	Série 24364 (BACEN(a)). Série 29608 (BACEN(a)). Série 29602 (BACEN(a)). Série 29604 (BACEN(a)). Série 29606 (BACEN(a)).
CAPACIDADE (UCAP)	Utilização da capacidade industrial instalada.	Índice trimestral não ajustado sazonalmente. Valores referentes aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4.	Série 1344 (FGV(a)).
ÍNDICE DE PREÇOS (IPCA)	Índice de preços ao consumidor - Amplo – Geral.	Índice aplicado para deflacionar especificamente as séries poupança bruta e saldos das carteiras de crédito (igual a 100 em dezembro/quarto trimestre de 2003).	Série 433 (IBGE(a)).
	Índice de preços ao consumidor - Amplo – Itens livres.	Índice aplicado para deflacionar os agregados monetários em MOEDA (igual a 100 em dezembro/quarto trimestre de 2003).	Série 11428 (BACEN(a)).
FFR	Federal Funds Rate	Percentual, trimestral, taxa média referente aos meses de março, junho, setembro e dezembro. De 2004 a 2024T4.	Série “FEDFUNDS” (FRED)

Gráfico 1 - Visualização da Base de Dados Tratada



Fonte: Elaboração própria com base em Heck (2020) e em diversas fontes

3.1.1 TRATAMENTO DAS SÉRIES

Foram adotados os quatro procedimentos, a seguir, para o tratamento das séries temporais:

1. Deflacionamento: Séries nominais foram deflacionadas utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA – Geral, IBGE), considerando dezembro ou o
2. quarto trimestre de 2003 como base igual a 100. Apenas as variáveis de MOEDA foram deflacionadas pelo IPCA - Itens Livres, dadas as limitações de analisar os efeitos dos testes em preços administrados (Heck, 2020). Séries que já são números-índice também foram convertidas para esta mesma base.
3. Logaritmos: A função logarítmica neperiana ($\ln$) foi aplicada a todas as variáveis de MOEDA.

4. Dessazonalização: Deu-se preferência às séries originais já dessazonalizadas pelas
5. fontes oficiais.
6. Frequência Trimestral: Para séries disponibilizadas apenas trimestralmente (ex: a série poupança), foram adotados os valores relativos aos meses finais de cada trimestre (março, junho, setembro e dezembro) para compatibilização com a frequência mensal predominante.

3.2 CAUSALIDADE DE GRANGER

O conceito de causalidade de Granger fundamenta-se na relação de precedência temporal entre séries temporais, de modo que a inclusão de uma variável e/ou suas defasagens ajudam a prever uma outra (Granger, 1969). Após a estimação de um modelo VARX, será testada a existência ou ausência de causalidade no sentido de Granger entre as variáveis. Deste modo, as quatro definições originais, descritas em Granger (1969, pp. 428-429) que constituem a base para interpretação dos resultados são apresentadas a seguir. Assume-se que “U” representa toda a informação do universo acumulada desde $t - 1$ e $U_t - Y_t$ denota todas essas informações exceto a séries definida Y_t .

Nesse sentido, a primeira definição explica que se $\sigma^2(X|U) < \sigma^2(X|\bar{U} - Y)$, então é dito que Y causa X, o que pode ser representado por $Y_t \rightarrow X_t$. Interpreta-se que a variância dos resíduos do modelo é menor quando incluída a variável Y. A segunda definição aborda um processo de feedback, onde X_t está causando Y_t e Y_t está causando X_t , representado por $X_t \leftrightarrow Y_t$. Logo, há feedback se $\sigma^2(X|U) < \sigma^2(X|\bar{U} - Y)$ e $\sigma^2(Y|U) < \sigma^2(Y|\bar{U} - X)$. Na terceira definição trata-se da causalidade instantânea, sendo $\sigma^2(X|U, Y) < \sigma^2(X|U)$ afirma-se que $Y_t \rightarrow X_t$ instantaneamente. A quarta e última definição incorpora as defasagens para interpretar a causalidade, então, se $Y_t \rightarrow X_t$, define-se a defasagem de causalidade m como sendo o valor mínimo de k , tal que $\sigma^2(X|U - Y(k)) < \sigma^2(X|U - Y(k + 1))$, ou seja, conhecer os valores mais recentes de Y, do período atual até $m-1$ períodos atrás ($Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-(m-1)}$) não melhora a previsão de X_t , além do que já se consegue prever com as outras informações disponíveis.

3.3 PROCEDIMENTO DE ESTIMAÇÃO T-Y

No contexto do teste de não causalidade de Granger elaborado por Toda-Yamamoto (1995), aplica-se um teste de Wald modificado sobre um modelo VAR aumentado. Esta abordagem requer a identificação da ordem máxima de integração (d_{max}) potencialmente presente nas variáveis do sistema. O procedimento então estabelece intencionalmente um sobreajuste ao VAR em níveis, incorporando defasagens adicionais, sendo o número total de defasagens representado por $p = k + d_{max}$. Nesta fórmula, p indica o número total de defasagens no modelo sobreajustado, enquanto k representa o número ótimo de defasagens determinado para o VAR convencional através de critérios de informação como o Akaike, Schwarz e Hannan-Quinn que serão abordados adiante.

Desse modo, como o modelo VAR ($p + d_{max}$) pode ser estimado com as variáveis em níveis, a aplicação do método não é condicionada à ordem de integração das séries individuais ou à existência de relações de cointegração (Toda-Yamamoto, 1995). Isso se deve ao fato de que a inclusão das defasagens adicionais d_{max} visa assegurar que a estatística de Wald utilizada para testar as hipóteses de não causalidade sobre os primeiros p coeficientes possua uma distribuição assintótica padrão, mesmo na presença de variáveis não estacionárias ou cointegradas.

Considere o modelo VARX a seguir de ordem ($p = k + d_{max}$):

$$Y_t = c_1 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{1i} Y_{t-i} + \Phi_1 FFR_t + u_{1t} \quad (1)$$

$$X_t = c_2 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_{2i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{2i} Y_{t-i} + \Phi_2 FFR_t + u_{2t} \quad (2)$$

onde c é a constante para cada equação, α é o coeficiente das variáveis explicativas presentes nas hipóteses, e β mensura o impacto das defasagens de Y_t . O coeficiente das variáveis endógenas é representado por Γ , e o coeficiente da variável exógena FFR é Φ_t . O teste de Wald modificado, nesse contexto, se concentra na significância conjunta dos primeiros p coeficientes (β_{1i} para testar se X não causa Y , e β_{2i} para testar se Y não causa X).

Com base nessas equações, as hipóteses nulas são dadas por:

$$H_0 = X_t \nrightarrow Y_t$$

$$H_0 = Y_t \nrightarrow X_t$$

Diferentemente do símbolo apresentado na seção anterior, a seta “ $\nrightarrow$ ” significa “não Granger-causa”.

3.4 HIPÓTESES

Três hipóteses centrais fundamentam este estudo, baseadas integralmente em Heck (2020). Nas equações, utiliza-se uma simplificação do conjunto de variáveis endógenas (representadas por “ z ” no modelo). Adicionalmente, a estimação do VARX(p) incorpora a “Federal Funds Rate (FFR)” como variável exógena, capturando influências externas na dinâmica das variáveis endógenas. A seguir, são exploradas as equações que formalizam as três hipóteses propostas.

1. Poupança e crédito são independentes, ou seja. O crescimento do crédito não é lastreado em poupança real.

a) Testando $\text{cred} \nrightarrow \text{poup}$ e, $\text{poup} \nrightarrow \text{cred}$:

$$POUP_t = c + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_i POUP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_i CRED_{t-i} + \sum_{i=0}^{p+d_{max}} \phi_i FFR_{t-i} + u_t \quad (3)$$

$$CRED_t = c + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} A_i CRED_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} B_i POUP_{t-i} + \sum_{i=0}^{p+d_{max}} \Phi_i FFR_{t-i} + u_t \quad (4)$$

Hipótese nula(H_0): $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$

Hipótese nula(H_0): $B_1 = B_2 = \dots = B_p = 0$

2. A expansão monetária causa aumento no spread entre a taxa natural de juros e a taxa de juros de mercado

b) Testando moeda $\rightarrow$ spread:

$$(5) \quad SPREAD_t = c + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_i SPREAD_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_i MOEDA_{t-i} + \sum_{i=0}^{p+d_{max}} \phi_i FFR_{t-i} + u_t$$

Hipótese nula (H_0): $\beta_i \neq 0$, para $i = 1, 2, \dots, p$.

O aumento dos agregados monetários (M1, M2 e DV) causa variações na produção industrial agregada e na produção industrial setorial, bem como no PIB

c) Testando moeda $\rightarrow$ indg:

$$(6) \quad INDG_t = c + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_i INDG_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_i MOEDA_{t-i} + \sum_{i=0}^{p+d_{max}} \phi_i FFR_{t-i} + u_t$$

Hipótese nula (H_0): $\beta_i \neq 0$, para $i = 1, 2, \dots, p$.

d) Testando moeda $\rightarrow$ indk^[3]:

$$(7) \quad INDK_t = c + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_i INDK_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_i MOEDA_{t-i} + \sum_{i=0}^{p+d_{max}} \phi_i FFR_{t-i} + u_t$$

Hipótese nula (H_0): $\beta_i \neq 0$, para $i = 1, 2, \dots, p$.

Os setores da indústria foram incluídos no modelo VARX a partir das razões industriais, baseado em Neira, Bagus e Aria (2013) e Heck (2020).

e) Testando moeda $\rightarrow$ PIB:

$$(8) \quad PIB_t = c + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_i PIB_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_i MOEDA_{t-i} + \sum_{i=0}^{p+d_{max}} \phi_i FFR_{t-i} + u_t$$

Hipótese nula (H_0): $\beta_i \neq 0$, para $i = 1, 2, \dots, p$.

[3] O INDK indica a razão individual sendo testada.

Em cada caso, o teste de não causalidade de Granger de Y_{causa} para Y_{efeito} será realizado testando a significância conjunta dos primeiros p coeficientes associados às defasagens de Y_{causa} na equação de Y_{efeito} (ou seja, os coeficientes β_i ou B_i para $i = 1, 2, \dots, p$) através de um teste de Wald modificado. As defasagens de $p + 1$ até $p + d_{max}$ são incluídas para garantir a validade assintótica do teste, conforme a metodologia de Toda-Yamamoto (1995).

3.5 ESTACIONARIEDADE E TESTES DE RAIZ UNITÁRIA

A identificação de raiz unitária compreende um passo fundamental na estimação econométrica, sobretudo na estimação do VARX do trabalho para evitar multicolinearidade. Nessa linha, uma série fracamente estacionária configura-se como aquela cujas propriedades estatísticas básicas, como média, variância e autocovariância, são constantes ao longo do tempo, ou seja, não variam no tempo (Gujarati e Porter, 2011). Esta condição é essencial porque grande parte da metodologia estatística em análise de séries temporais econômicas é construída sob a premissa de estacionariedade, apesar de que a maioria das séries não são estacionárias (Gujarati e Porter, 2011).

Para determinar a ordem de integração de cada série (d) e a ordem máxima de integração do sistema (d_{max}), foram aplicados os seguintes testes de raiz unitária, foram utilizados três testes de raiz unitária, sendo o teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF), teste Phillips-Perron (PP) e o teste Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS). O teste ADF e o PP identificam na hipótese nula a presença de raiz unitária, ou seja, não estacionariedade. Por outro lado, a hipótese nula do teste KPSS testa estacionariedade.

Os testes foram realizados para as séries em nível e em primeira diferença, considerando diferentes especificações (constante, tendência). A ordem máxima de integração encontrada no sistema, d_{max} , será determinada após a execução dos testes.

3.6 SELEÇÃO DA ORDEM ÓTIMA DE DEFASAGENS

A seleção do número ótimo de defasagens (p) para um modelo VAR tradicional (não aumentado) foi realizada estimando-se modelos VAR com diferentes ordens de defasagem (de 1 até um máximo p_{max} razoável) e comparando os valores dos critérios de informação de Akaike, Schwarz e Hannan-Quinn, baseado em (Lütkepohl, 2005, p. 147:150)

A ordem ótima de defasagem em modelos de séries temporais é comumente determinada pelo critério de informação que apresenta o menor valor estatístico, como AIC (Critério de Informação de Akaike) ou BIC (Critério de Informação Bayesiano) (Lütkepohl, 2005). Entretanto, quando há divergência entre os critérios – por exemplo, um indica defasagem maior e outro menor –, a escolha deve considerar não apenas o desempenho preditivo, mas também a coerência com os objetivos do estudo.

No presente caso, como o foco não reside em previsões, mas na identificação da dinâmica de adequação da TACE aos ciclos brasileiros, critérios que privilegiam modelos parcimoniosos (como o BIC) podem ser mais adequados. Isso se justifica porque modelos excessivamente complexos, embora capturem nuances de curto prazo, podem obscurecer relações estruturais de médio e longo prazo, essenciais para o objetivo do trabalho.

Para assegurar a robustez dos critérios de informação, os modelos foram avaliados com até dez defasagens, pois apesar de Heck (2020) ter definido até oito defasagens, a amostra aumentou consideravelmente neste trabalho. Caso a especificação inicial, com o número escolhido de defasagens, evidencie a presença de autocorrelação nos resíduos, tal número é incrementado progressivamente até que se comprove a ausência de autocorrelação.

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DOS TESTES DE RAIZ UNITÁRIA

Os testes indicaram a presença de pelo menos uma raiz unitária na maioria das séries, contudo, nas séries de crédito total (CREDT), livre (CREDL) e direcionado (CREDD) e a série de Depósitos a Vista (DV) foram identificadas duas raízes unitárias. Por fim, os testes indicaram estacionariedade em nível para as séries dos spreads (S1_IDKAOVER e S3_IDKASWAP), além de todas as proxies de produto, Utilização da Capacidade Industrial Instalada (UCAP) e a Federal Funds Rate (FFR).

Dessa forma, a ordem máxima de integração encontrada foi dois (2), adotada na estimação dos modelos VARX (p+dm_{ax}), conforme procedimento de Toda-Yamamoto (1995).

Tabela 1 - Testes de Raiz unitária e Ordem de Integração

Série	ADF			KPSS		Ordem de Integração
	Nível	1ª diferença	2ª diferença	Nível	1ª diferença	
DV	0.359	0.127	0.010**	0.100*	0.100*	I(2)
CREDT	0.672	0.553	0.331	0.012	0.100*	I(2)
CREDL	0.928	0.374	0.159	0.026	0.100*	I(2)
CREDD	0.432	0.517	0.276	0.034	0.100*	I(2)
M1	0.167	0.011**	0.010**	0.023	0.100*	I(1)
M2	0.545	0.030**	0.011**	0.058*	0.055*	I(1)
S2_POUPOVER1	0.062*	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(1)
S4_POUPSWAP2	0.085*	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(1)
IND1	0.189	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(1)
IND2	0.243	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(1)
IND3	0.185	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(1)
IND4	0.384	0.010**	0.010**	0.060*	0.100*	I(1)
IND5	0.384	0.010**	0.010**	0.085*	0.100*	I(1)
IND6	0.177	0.010**	0.010**	0.034	0.100*	I(1)
IND7	0.330	0.010**	0.010**	0.082*	0.100*	I(1)
Poup2004	0.990	0.010**	0.010**	0.011	0.100*	I(1)
Poup2007	0.990	0.017**	0.010**	0.022	0.100*	I(1)
S1_IDKAOVER3	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)

S3_IDKASWAP48	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)
IIPG	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)
PIB	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)
PIB_ExAgro	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)
PIB_Agro	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)
PIB_Ind	0.010**	0.010**	0.010**	0.092*	0.100*	I(0)
PIB_Serv	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)
UCAP	0.010**	0.010**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)
FFR	0.014**	0.018**	0.010**	0.100*	0.100*	I(0)

Fonte: Estimativas obtidas pelo autor no software R Studio.

³Descrição da proxy: $S1_IDKAOVER = \ln [(1+IDkA10) \div (1+Selic\ over)]$.

¹Descrição da proxy: $S2_POUPOVER = \ln [(1+Taxa\ de\ poupança) \div (1+Selic\ over)]$.

⁴Descrição da proxy: $S3_IDKASWAP = \ln [(1+IDkA10) \div (1+SWAP180)]$.

²Descrição da proxy: $S4_POUPSWAP = \ln [(1+Taxa\ de\ poupança) \div (1+SWAP180)]$.

Para seguir com o modelo VARX, as séries foram modeladas em nível, independente da ordem de integração encontrada nos testes ADF e KPSS. A partir disso, o número ótimo de defasagens (p) foi definido. Dado o tamanho relativamente pequeno do período das séries (84 observações), foram realizados os testes AIC, BIC e HQ com dois lags. Assim, priorizando a parcimônia do modelo, os critérios BIC e HQC foram utilizados para selecionar o lag ótimo, para cada modelo.

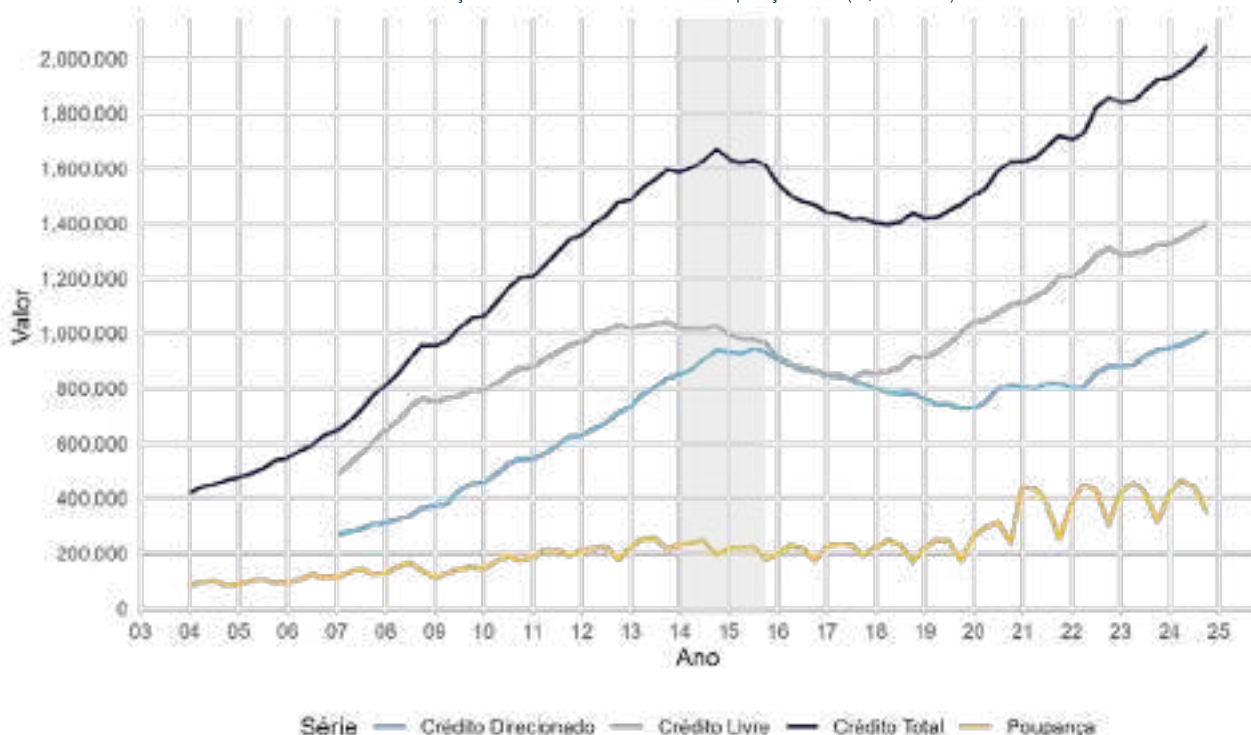
4.2 RESULTADOS DA HIPÓTESE 1

Na primeira hipótese, investigamos a interdependência entre crédito e poupança. Na Teoria Austríaca dos Ciclos Econômicos (TACE), um dos principais motores do boom artificial é o crescimento do crédito sem lastro na poupança voluntária, fenômeno conhecido como “poupança forçada”, que com um aumento das preferências temporais gera um maior consumo presente.

A avaliação desta hipótese parte da premissa de que o crédito não se distribui uniformemente na economia. Setores com maior capacidade de compra adquirem bens e serviços antes que a inflação os afete plenamente. Essa “redistribuição de renda” favorece os setores que recebem o crédito, enquanto prejudica aqueles que não o recebem. Consequentemente, os preços aumentam, ajustando-se mais lentamente do que os rendimentos recebidos pelos agentes beneficiados (Soto, 2012).

Como pode ser observado no Gráfico 2, a evolução dos saldos de crédito total, livre e direcionado tiveram um crescimento significativo entre 2004 e 2015, mesmo que o crescimento da poupança bruta tivesse sido pouco representativo. Além disso, há uma inversão do movimento das séries de crédito livre e direcionado antes de 2015: enquanto o crédito livre começa a se arrefecer desde 2013, o crédito direcionado continua pujante até meados de 2015.

Gráfico 2 - Evolução dos Saldos de Crédito e Poupança Bruta (R\$ milhões)



Fonte: Elaborado própria, por meio dos dados do SGS BACEN.

Para testar a primeira hipótese foram modelados três VARX, sendo combinações biva-riadas entre os saldos de crédito e poupança. Em todos os três modelos foi necessário utilizar *dummies* sazonais para tratar problemas de autocorrelação serial para a série de Poupança (Poup2004 e Poup2007) que foram definidas como exógenas no modelo VARX.

Ao realizar os testes de raiz unitária, foram encontradas duas raízes unitárias para todas as séries de saldos de Crédito, e uma raiz unitária para as duas séries de poupança. Conforme os resultados dos testes BIC e HQC no Anexo A, para todos os três modelos dessa hipótese os testes selecionaram cinco (5) como lags ótimos, que foi utilizado tanto no VAR (p) quanto no VAR (p+d_{max}).

Mesmo utilizando as *dummies* sazonais para Poup2004 e Poup2007, os testes Breusch-Godfrey e Portmanteau encontraram evidência de autocorrelação serial para o modelo com a série Crédito Livres (CREDL), e durante os testes de autocorrelação, foi adotado o critério de excluir todos os modelos com evidência de autocorrelação serial nos resíduos. Logo, este modelo foi descartado para avaliação da primeira hipótese.

Tabela 2 - Teste de Granger pelo T-Y, variáveis crédito e poupança

Modelo	Causa	Efeito	Estatística F	p-valor	Lag VAR	Direção da Causalidade
H1: CREDIT vs Poup2004	CREDIT	Poup2004	1,002	0,434	7	Crédito ⇌ Poupança
H1: CREDIT vs Poup2004	Poup2004	CREDIT	2,375	0,026	7	Poupança → Crédito
H1: CREDD vs Poup2007	CREDD	Poup2007	1,720	0,114	7	Crédito ⇌ Poupança
H1: CREDD vs Poup2007	Poup2007	CREDD	1,984	0,065	7	Crédito ⇌ Poupança

As variáveis CREDIT e CREDD apresentaram problemas de heterocedasticidade, o que prejudicou a análise da primeira hipótese. Contudo, observa-se que o modelo estimado com a variável Crédito Direcionado (CREDD) não encontrou causalidade entre o aumento da poupança e a expansão do crédito, portanto, os resultados convergem com a TACE e o trabalho de Heck (2020) que analisou o período entre 2007 e 2015. No Gráfico 1, é notório o crescimento mais expressivo de crédito direcionado em relação ao livre, o que evidencia a criação de crédito artificial.

Ainda assim, é observado que o crescimento do crédito total, que inclui o crédito livre foi influenciado pela poupança real, o que diverge dos resultados encontrados da teoria e de Heck (2020). Esse resultado foi influenciado pela expressiva participação do saldo de crédito livre (CREDL) em crédito total, variável no qual apresentou autocorrelação serial e não pôde ser analisada na modelagem.

4.3 RESULTADOS DA HIPÓTESE 2

Na segunda hipótese, buscamos entender se há uma relação de antecedência temporal entre as séries de moeda e os spreads da taxa de juros. No trabalho de HECK (2020) essa hipótese foi testada sem considerar os efeitos da política monetária estrangeira, sobretudo, a política monetária dos Estados Unidos. Neste trabalho, buscou-se construir os modelos VARX com a incorporação do efeito da Federal Funds Rate (FFR) nos *spreads*, como uma exógena, logo, todo modelo com presença de *spreads* incluiu a exógena FFR, tanto na segunda quanto na terceira hipótese. Houve modelos que não utilizaram FFR, mas que possuem *dummies* sazonais para mitigar problemas com autocorrelação serial, sendo os modelos com poupança da primeira hipótese e os modelos com UCAP, que possuem sazonalidade ao analisar as séries no Gráfico 1.

Dessa forma, foi possível analisar as relações de precedência temporal entre a expansão monetária e os *spreads* das taxas de juros considerando o efeito exógeno da política monetária americana.

Todos os modelos avaliados na hipótese não rejeitaram a hipótese nula de homoscedasticidade. Além disso, também não rejeitaram a hipótese nula de ausência de vetores de cointegração, pelo teste de Johansen (1988), e por fim, os resíduos seguem um processo browniano, isto é, não há evidência de quebra na série e, portanto, são estáveis. Os modelos que não se encontram na Tabela 3 exigem transformações como aplicações de log, diferenciação e inclusão de *dummies*, para tratar heterocedasticidade e autocorrelação serial, e no caso de cointegração seria necessário modelar VECM para tratar os vetores de cointegração identificados.

Tabela 3 - Teste de Granger pelo T-Y, variáveis moeda e spread das taxas de juros

Modelo	Causa	Efeito	Estatística F	p-valor	Lag VAR	Direção da Causalidade
H2: M1 vs S2_POUPOVER	S2	M1	4,230	0,003***	4	Spread → Moeda
H2: M1 vs S4_POUPSWAP	S4	M1	4,991	0,001***	4	Spread → Moeda
H2: M2 vs S2_POUPOVER	M2	S2	2,724	0,022**	5	Moeda → Spread
H2: DV vs S2_POUPOVER	S2	DV	9,193	0,001***	3	Spread → Moeda

H2: DV vs S4_POUPSWAP	S4	DV	5,078	0,001***	4	Spread → Moeda
-----------------------	----	----	-------	----------	---	----------------

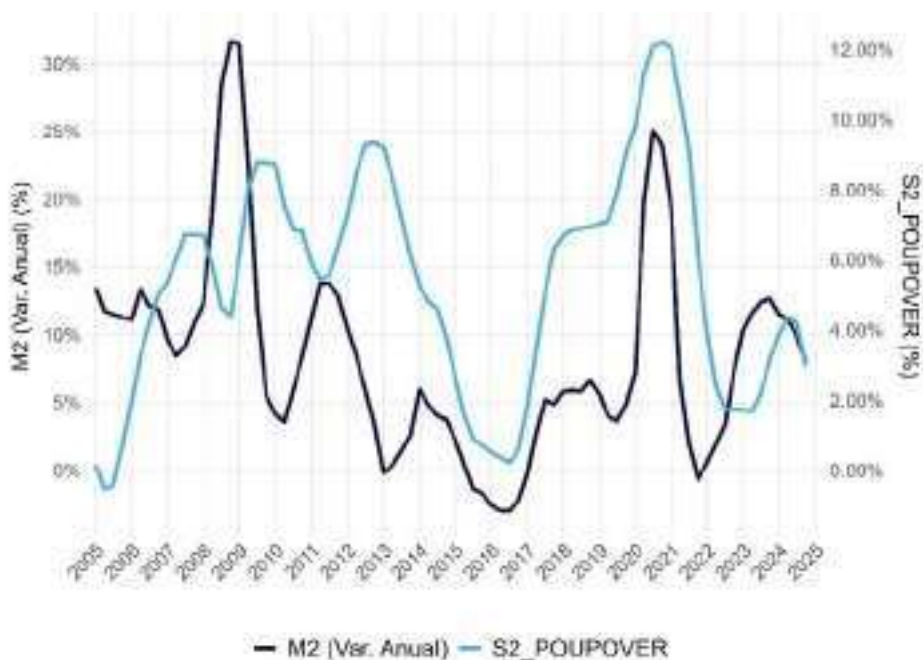
Fonte: Estimativas obtidas pelo autor no software R Studio (2025). Legenda: Foram atribuídas três classificações para destacar o nível de significância estatística dos testes, sendo (*) para 10%, (**) para 5% e (***) para 1% de significância.

Os resultados para a segunda hipótese do teste de causalidade de Granger dos modelos VARX, encontraram evidência de causalidade para cinco modelos, sendo que a direção de quatro modelos divergem da segunda hipótese testada no trabalho, que postula que o aumento da moeda causa o aumento do *spread* das taxas de juros, mesmo considerando o impacto da exógena FFR na determinação da SELIC.

No entanto, foi encontrada evidência de antecedência temporal para o modelo M2 vs S2_POUPOVER e o M2 vs S4_POUPSWAP, na direção de moeda → *spread*, o que converge com a TACE e os resultados obtidos em Heck (2020), que também encontrou evidência estatística para os dois modelos baseados na poupança como taxa natural de juros. Como o modelo com o S4_POUPSWAP apresentou vetores de cointegração este não será analisado, pois não será estimado o VECM.

Apesar das variáveis possuírem comportamentos muito semelhantes como pode ser observado na Figura 9, existem diferenças nas reações de M2 e S2 durante o período analisado. Por exemplo, entre 2005 e 2016 o *spread* oscila primeiro do que a moeda em muitas ocasiões, como o aumento do *spread* antes da crise de 2008 e a terceira onda de crescimento em 2015. Contudo, a partir de 2017 ambas as variáveis variam simultaneamente até que em 2022 após um aumento significativo de M2, ocorre um crescimento de S2 logo em seguida.

Gráfico 3 - Crescimento do agregado monetário M2 vs S2_POUPOVER |



Fonte: Elaborado própria, por meio dos dados do IPEADATA e SGS BACEN.

4.4 RESULTADOS DA HIPÓTESE 3

A terceira hipótese é a hipótese central no presente estudo, pois mensura o efeito da expansão monetária, medida pelos agregados monetários (DV, M1 e M2) e as quatro

medidas de *spreads* da taxa de juros no produto, em seu nível agregado e setorial, e além disso, através dos índices da indústria, é possível identificar o efeito em diferentes estágios produtivos conforme Hayek (2008) desenvolveu, Garrison (2000) associou com teorias econômicas já conhecidas e Neira, Bagus e Aria (2013) e Heck (2020) consolidaram na análise empírica.

Dito isso, foram selecionados 58 modelos VARX com base nos resultados dos testes de diagnósticos de autocorrelação, heterocedasticidade, e presença de vetores cointegrados. A estratégia de “seleção natural” foi adotada com o intuito de descartar todos os modelos que necessitassem ajustes adicionais.

Nesse sentido, dos 116 testes de causalidade de Granger foram encontradas evidências de causalidade para 61 modelos que se encontram na Tabela 5, ou seja, houve três modelos com causalidade nas duas direções, sendo: “S2 vs UCAP”, “M1 vs UCAP” e “DV vs UCAP”. Portanto, apesar da hipótese postular o efeito inverso, o teste indica que a Utilização da Capacidade Industrial Instalada (UCAP) auxilia na precedência temporal das duas medidas de agregado monetário do Brasil, sendo M1 e DV, e o *spread* entre a razão da Poupança pela Renda Nacional Disponível e a Taxa SELIC Over (S2_POUPOVER). A razão desse resultado pode se dá pelo peso que a atividade econômica possui na condução da política monetária, sendo a variável UCAP um importante sinalizador da utilização dos recursos econômicos.

Tabela 4 - Teste de Granger pelo T-Y, variáveis moeda/spread da taxa de juros e produto.

Modelo	Causa	Efeito	Estatística F	p valor	Lag VAR	Direção da Causalidade
H3: S1_IDKAOVER vs IND4	S1	IND4	2,524	0,06*	3	Spread → Produto
H3: S1_IDKAOVER vs IND5	S1	IND5	2,131	0,099*	3	Spread → Produto
H3: S1_IDKAOVER vs IND7	S1	IND7	2,709	0,047**	3	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs IND1	S2	IND1	2,883	0,025**	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs IND2	S2	IND2	3,682	0,007***	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs IND3	S2	IND3	3,583	0,008***	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs IND4	S2	IND4	2,648	0,036**	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs IND5	S2	IND5	2,570	0,041**	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs IND7	S2	IND7	3,772	0,006***	4	Spread → Produto

H3: S3_IDKASWAP vs IND4	S3	IND4	2,819	0,041**	3	Spread → Produto
H3: S3_IDKASWAP vs IND5	S3	IND5	2,394	0,071*	3	Spread → Produto
H3: S3_IDKASWAP vs IND7	S3	IND7	2,933	0,036**	3	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs IND1	S4	IND1	2,710	0,033**	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs IND2	S4	IND2	3,228	0,014**	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs IND3	S4	IND3	3,241	0,014**	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs IND4	S4	IND4	2,571	0,022**	6	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs IND5	S4	IND5	2,663	0,018**	6	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs IND7	S4	IND7	3,421	0,011**	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs UCAP	S2	UCAP	2,264	0,066*	4	Spread → Produto
H3: S1_IDKAOVER vs IND6	S1	IND6	0,653	0,582	3	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs IND6	S2	IND6	1,681	0,158	4	Spread → Produto
H3: S3_IDKASWAP vs IND6	S3	IND6	0,591	0,622	3	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs IND6	S4	IND6	2,274	0,107	2	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs PIB	S2	PIB	0,633	0,640	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs PIBAgro	S2	PIBAgro	0,555	0,696	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs PIBInd	S2	PIBInd	0,634	0,639	4	Spread → Produto
H3: S2_POUPOVER vs PIBServ	S2	PIBServ	1,158	0,332	4	Spread → Produto

H3: S2_POUPOVER vs PIBExAgro	S2	PIBExAgro	0,721	0,579	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs PIB	S4	PIB	0,523	0,719	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs PIBAgro	S4	PIBAgro	1,333	0,261	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs PIBInd	S4	PIBInd	0,405	0,805	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs PIBServ	S4	PIBServ	1,053	0,382	4	Spread → Produto
H3: S4_POUPSWAP vs PIBExAgro	S4	PIBExAgro	0,355	0,840	4	Spread → Produto
H3: M1 vs IND2	M1	IND2	4,113	0,003***	4	Moeda → Produto
H3: M1 vs IND4	M1	IND4	2,175	0,075*	4	Moeda → Produto
H3: M1 vs IND6	M1	IND6	2,104	0,083*	4	Moeda → Produto
H3: M1 vs IND7	M1	IND7	5,113	0,001***	4	Moeda → Produto
H3: M2 vs IND6	M2	IND6	2,534	0,032**	5	Moeda → Produto
H3: DV vs IND2	DV	IND2	6,018	0,000***	4	Moeda → Produto
H3: DV vs IND3	DV	IND3	4,792	0,001***	4	Moeda → Produto
H3: DV vs IND4	DV	IND4	2,241	0,068*	4	Moeda → Produto
H3: DV vs IND7	DV	IND7	5,658	0,000***	6	Moeda → Produto
H3: M1 vs UCAP	M1	UCAP	4,864	0,001***	4	Moeda → Produto
H3: DV vs UCAP	DV	UCAP	2,615	0,009***	9	Moeda → Produto

H3: M1 vs IND5	M1	IND5	1,727	0,147	4	Moeda → Produto
H3: M2 vs IND1	M2	IND1	0,303	0,876	4	Moeda → Produto
H3: M2 vs IND3	M2	IND3	0,281	0,890	4	Moeda → Produto
H3: DV vs IND6	DV	IND6	1,441	0,196	7	Moeda → Produto
H3: M1 vs PIBAgro	M1	PIBAgro	0,401	0,808	4	Moeda → Produto
H3: DV vs PIBAgro	DV	PIBAgro	0,229	0,922	4	Moeda → Produto
H3: S2_POUPOVER vs UCAP	UCAP	S2	2,302	0,062*	4	Produto → Spread
H3: S4_POUPSWAP vs UCAP	UCAP	S4	2,302	0,062*	4	Produto → Spread
H3: M1 vs PIB	PIB	M1	4,551	0,002***	4	Produto → Moeda
H3: M1 vs PIBInd	PIBInd	M1	6,029	0,000***	4	Produto → Moeda
H3: M1 vs PIBServ	PIBServ	M1	4,767	0,001***	4	Produto → Moeda
H3: M1 vs PIBExAgro	PIBExAgro	M1	5,442	0,000***	4	Produto → Moeda
H3: DV vs PIB	PIB	DV	4,847	0,001***	4	Produto → Moeda
H3: DV vs PIBServ	PIBServ	DV	4,271	0,003***	4	Produto → Moeda
H3: DV vs PIBExAgro	PIBExAgro	DV	4,417	0,002***	4	Produto → Moeda
H3: M1 vs UCAP	UCAP	M1	7,803	0,000***	4	Produto → Moeda
H3: DV vs UCAP	UCAP	DV	5,461	0,000***	9	Produto → Moeda

Fonte: Estimativas obtidas pelo autor no software R Studio (2025). Legenda: Foram atribuídas três classificações para destacar o nível de significância estatística dos testes, sendo (*) para 10%, (**) para 5% e (***) para 1% de significância.

Os resultados da terceira hipótese indicam uma evidência empírica muito significativa para a TACE para todos os agregados monetários e para todos os *spreads* da taxa de juros. Foram 30 modelos em 58, ou seja, 51,7% dos modelos avaliados encontraram por meio do teste de Granger via T-Y significância estatística na direção Spread → Produto e Moeda → Produto.

Apesar dos resultados favoráveis, não foi encontrada evidência para os modelos com produtos agregados, isto é, com os índices da proxy do PIB, desenvolvidos com as séries IBCBR e as variações setoriais (Agropecuária, Ex - Agropecuária, Indústria e Serviços). Ainda assim, os modelos com IIPG, isto é, com o índice do nível de produção da indústria também não encontraram evidência estatística no teste de causalidade.

Portanto, os modelos que tiveram resultados promissores para TACE são os modelos que incorporam os indicadores dos estágios produtivos e a variável UCAP que indicou ser também um importante componente de antecedência temporal para as variáveis “S2”, “M1” e DV.

5. CONCLUSÃO

Esta investigação empírica sobre a aplicabilidade da Teoria Austríaca dos Ciclos Econômicos (TACE) ao contexto brasileiro entre 2005 e 2024 revela um quadro de validação parcial dos postulados teóricos. Utilizando a metodologia de Toda-Yamamoto (1995) aplicada a modelos VARX, o estudo examinou três hipóteses centrais derivadas de Heck (2020), incorporando o efeito da FFR como variável exógena para capturar influências da política monetária internacional.

A primeira hipótese, que postula a independência ou ausência de causalidade entre poupança e crédito bancário encontrou evidência empírica de interdependência entre crédito direcionado e poupança, entre 2007 e 2024 conforme Heck (2020). Por outro lado, o modelo identificou antecedência temporal da variável poupança em relação à crédito total, o que diverge dos resultados de Heck (2020).

A segunda hipótese encontrou suporte empírico limitado, mas significativo, pois dois modelos demonstraram evidência de causalidade no sentido de Granger, apesar de um não ter sido abordado pela presença de vetores cointegrados. Este resultado indica que a expansão do agregado monetário M2 antecede temporalmente o aumento no diferencial entre a taxa natural de juros (aproximada pela poupança) e a taxa de mercado, corroborando parcialmente o mecanismo de distorção intertemporal postulado por Wicksell (1898) e desenvolvido por Mises (1953).

A terceira hipótese apresentou os resultados mais robustos, com 51,7% dos modelos testados (30 de 58) demonstrando significância estatística utilizando tanto a expansão monetária via agregados monetários quanto os *spreads* da taxa de juros. Os modelos com produto tiveram resultados divergentes com a TACE, pois não apresentaram significância estatística.

Este estudo contribui para a literatura empírica sobre ciclos econômicos austríacos em economias emergentes, demonstrando que, embora os fundamentos da TACE mantenham relevância explicativa, sua aplicação requer consideração das especificidades estruturais e institucionais brasileiras. A incorporação da influência monetária internacional através da FFR representa um avanço metodológico importante e gerou resultados

As principais limitações identificadas incluem: (i) a ausência de evidências para agregados produtivos (PIB e suas variações setoriais); e (ii) a ausência de variáveis que mensurassem a oferta monetária global ou da China e (iii) falta de análise sobre os dados fiscais do governo brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, Augusto Luiz Heck. **A teoria austríaca dos ciclos econômicos: uma análise para a economia brasileira, 2004-2019**. 2020. 182 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Economia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Toledo, 26 ago. 2020. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/5052/2/Augusto_Heck_Barros_2020.pdf.
- BISMANS, Francis; MOUGEOT, Christelle. *Austrian business cycle theory: empirical evidence*. **Review of Austrian Economics**, v. 22, p. 241-257, set. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11138-009-0084-6>.
- Böhm-Bawerk, E. (1890). **Capital and interest: A critical history of economical theory** (Vol. 1). Macmillan and Company.
- BUENO, R. L. S. (2011). **Econometria de séries temporais** (2a. ed). São Paulo: Cengage Learning.
- CARILLI, A. M. & Dempster, G. M. (2008). Is the Austrian business cycle theory still relevant? **Review of Austrian Economics**, 21(4), 271-281.
- DAVIDSON, Russell; MACKINNON, James G. **Econometric Theory and Methods**. New York: Oxford University Press, 2004. ISBN 0-19-512372-7.
- ENDERS, Walter. **Applied Econometric Time Series**. 4. ed. New York: John Wiley, 2014. 496 p. ISBN: 978-1-118-80856-6.
- GARRISON, R. W. (1986) Hayekian trade cycle theory: a reappraisal. **Cato Journal**, Washington, D.C.: Cato Institute, v. 6, n. 2, p. 437-459, Fall 1986. Disponível em: <https://www.cato.org/sites/cato.org/files/serials/files/cato-journal/1986/11/cj6n2-5.pdf>. Acesso em 07 de mar. de 2025.
- GARRISON, R. W. (2001). **Time and Money: The Macroeconomics of Capital Structure**. Routledge.
- GRANGER, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. **Econometrica**, 37(3), 424-438. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1912791?origin=crossref>. Acesso em: 28 de out. de 2023.
- GUJARATI, D. N.; Porter, D. C. (2011). **Econometria Básica. 5ª edição**. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- HAYEK, F. A. (2008). **Prices and production and others works: F. A. Hayek on money, the business cycle, and the gold standard**. Auburn: Ludwig von Mises Institute.
- HAYEK, F. A (1945). The use of knowledge in society. **The American Economic Review**, v. 35, n. 4, p. 519-530, 1945. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1809376>. Acesso em: 13 mar. 2025.
- HAYEK, Friedrich August von (2002). *Competition as a discovery procedure*. Tradução de Marcellus S. Snow. **The Quarterly Journal of Austrian Economics**, v. 5, n. 3, p. 9-23, Fall 2002. Disponível em: https://cdn.mises.org/qjae5_3_3.pdf. Acesso em: 14 mar. 2025
- HODRICK, R. J. e PRESCOTT, E. C. Postwar U.S. Business Cycles: an empirical investigation. **Journal of Money, Credit and Banking**, Columbus, v. 29, n. 1, pp. 1-16, 1997. Disponível em: <https://www0.gsb.columbia.edu/faculty/rhodrick/prescotthodrick1997.pdf>. Acesso em 2 de julho de 2025.
- JOHANSEN, S. *Statistical analysis of cointegration vectors*. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 12, n. 2-3, pp. 231-254, 1988.

- KEELER, P. J. (2001). Empirical evidence on the Austrian business cycle theory. **Review of Austrian Economics**, 14(4), 331-351.
- KEYNES, J. M. (2017). **Teoria geral do emprego, do juro e da moeda**. Editora Saraiva.
- KIRZNER, Israel M (2022). **O significado do processo de mercado**. [s.l.]: Routledge, 1992. Edição fac-símile, 2022.
- LUTHER, W. J.; COHEN, M. On the Empirical Relevance of the Mises–Hayek Theory of the Trade Cycle. In: Studies in Austrian Macroeconomics (Advances in Austrian Economics, v. 20). Leeds: **Emerald Group Publishing Limited**, 2016. p. 79-103. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/S1529-213420160000020005>.
- LUTHER, W. J.; COHEN, M. An empirical analysis of the Austrian business cycle theory. **Atlantic Economic Journal**, v. 42, p. 153-169, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11293-014-9415-5>. Acesso em: 26 mar. 2025.
- LÜTKEPOHL, Helmut. *New introduction to multiple time series analysis*. Berlin, Heidelberg: **Springer**, 2005. XXI, 764 p. ISBN 978-3-540-40172-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-27752-1>. Acesso em: 01 abr. 2025.
- MACHLUP, Fritz (1974). *Friedrich Von Hayek's contribution to economics*. **The Swedish Journal of Economics**, v. 76, n. 4, p. 498–531, 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3439255>. Acesso em: 11 mar. 2025.
- MADDALA, G. S. & Kim, I-M. (2007). Unit roots, cointegration and structural change. Cambridge: **Cambridge University Press**.
- MAIA, H; STEINREICH, D; ALBUQUERQUE, B. S. de. Over the Cliff: how Brazil's 2004– 2016 business cycle became its worst recession in a century. **Quarterly Journal of Austrian Economics**, v. 22, n. 3, p. 383-427, 2019.
- MENGER, C. (2012). **Principios de economía política**. Bubok.
- MISES, L. V., & Batson, H. E. (1953). **The theory of money and credit** (Vol. 2). Yale University Press.
- MISES, Ludwig von. **Ação Humana: Um Tratado de Economia**. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2010.
- MULLIGAN, R. F. (2006). An empirical examination of Austrian business cycle theory. **Quarterly Journal of Austrian Economics**, 9 (2), 69-93.
- NEIRA, M. A. A., Bagus, P., & Ania, A. R. (2013). Una ilustración empírica de la Teoría Austriaca del Ciclo Económico: el caso de Estados Unidos, 1988-2010. **Investigación Económica**, 72(285), 41-74.
- RIVERO MOSQUEDA, Fernando. *Análisis del ciclo económico en México, 2011-2020: una perspectiva de la Escuela Austriaca de Economía*. **Anál. econ., Ciudad de México** , v. 37, n. 95, p. 27-46, agosto 2022 . Disponível em http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552022000200027&lng=es&nrm=iso. Acesso em 11 abr. 2025. Epub 01-Ago-2022. <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2022v37n95/rivero>
- ROTHBARD, M. N. (2012). **A Grande Depressão Americana** (Pedro Sette-Câmara, Trad.). São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil. Disponível em: https://rothbardbrasil.com/wpcontent/uploads/arquivos/MisesBrasil_Grande%20Depressao_Brochura.pdf. Acesso em: 25 de nov. de 2023.
- SIMS, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. **Econometrica**, 48(1), 1-48.

SHIKIDA, Cláudio D; FIGUEIREDO, Erik A. **Notas de Aula de Econometria de Séries de Tempo – versão 0.61 (2024)**. Belo Horizonte. 2024

SOTO, Jesús Huerta de. **Moeda, Crédito Bancário e Ciclos Econômicos**. Tradução de Márcia Xavier de Brito. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2012. 736 p.

Disponível em: <https://d3ptueit7w3f7j.cloudfront.net/Livros/Moeda%2C+Credito+banc%-C3%A1rio+ciclos+economicos.pdf>. Acesso em: 13 de mar. de 2025.

TODA, H. Y. & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. **Journal of Econometrics**, 66(1-2), 225-250.

WICKSELL, Knut (1898). **Interest and Prices**. [Geldzins und Güterpreise].

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. (2014). **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning. 4ª

ZIVOT, E; ANDREWS, D. W. K. Further evidence of great crash, the oil price shock and unit root hypothesis. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 10, n. 3, pp. 251-270, 19

USO DE REDES NEURAIS HÍBRIDAS CNN-BILSTM PARA O RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE GESTOS ISOLADOS EM LIBRAS

Túlio Castro Silva

Discente – IBMEC BH

202401005207@alunos.ibmec.edu.br

Prof. Pedro Henrique Calais Guerra

Orientador – IBMEC BH

pedro.hecalguer@professores.ibmec.edu.br

Resumo

Este trabalho propõe um sistema de reconhecimento automático de sinais isolados da Língua Brasileira de Sinais (Libras) baseado em arquitetura híbrida CNN-BiLSTM aplicada exclusivamente a landmarks das mãos. Diferentemente de abordagens multimodais complexas, o método utiliza apenas 21 pontos de referência por mão extraídos pelo MediaPipe, resultando em uma representação compacta de 126 características por frame. O modelo foi avaliado em um dataset de 55 sinais, alcançando acurácia de 98,9% com apenas 446K parâmetros treináveis. A arquitetura combina duas camadas BiLSTM (128 e 64 unidades) para modelagem temporal com técnicas de regularização, permitindo execução em tempo real em CPU convencional. Os resultados demonstram que a representação por landmarks é suficiente para reconhecimento eficaz de sinais isolados, oferecendo uma solução computacionalmente eficiente e prática para aplicações de tradução automática de Libras em dispositivos de baixo custo. Palavras-chave: Libras; Reconhecimento de Gestos; CNN-BiLSTM; MediaPipe; Landmarks

Palavras-chave

Libras; Reconhecimento de Gestos; Visão Computacional; CNN; LSTM

1. Introdução

1.1 Contexto e motivação

A Língua Brasileira de Sinais (Libras) é o principal meio de comunicação da comunidade surda no Brasil, composta por um conjunto estruturado de gestos manuais, expressões faciais e movimentos corporais. Assim como outras línguas de sinais, a Libras possui gramática e léxico próprios, distintos da língua oral e escrita, exigindo conhecimento específico para sua interpretação. Entretanto, grande parte da população não domina Libras, o que cria barreiras significativas de comunicação entre pessoas surdas e ouvintes (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2024; WORLD FEDERATION OF THE DEAF, 2016).

Segundo dados do IBGE (GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021), aproximadamente 2,3 milhões de pessoas com 5 anos ou mais de idade possuem algum grau de surdez no Brasil. No entanto, apenas cerca de 1,8% daquela população com dificuldade auditiva afirma saber usar Libras para se comunicar; entre pessoas com surdez profunda, esse percentual chega a 34% (AGÊNCIA BRASIL, 2022). Esses números ilustram a grande lacuna existente entre a população que necessita da Libras e quem, de fato, tem acesso a ela.

Nesse contexto, sistemas automáticos de reconhecimento de sinais têm se destacado como ferramentas tecnológicas capazes de promover inclusão social, ao possibilitar a tradução ou transcrição em tempo quase real da língua de sinais para a língua oral ou escrita. O avanço de técnicas de *Visão Computacional* e *Aprendizado Profundo* (*Deep Learning*) tem permitido extrair e processar características visuais complexas a partir de imagens ou vídeos com alta precisão (ZHANG; JIANG, 2024). No entanto, muitos modelos de alto desempenho dependem de arquiteturas multimodais complexas e pesadas, o que dificulta sua aplicação em dispositivos de baixo custo ou em cenários de uso embarcado.

1.2 Objetivo

Desenvolver um **sistema comercialmente viável**, leve e de **baixa latência**, capaz de reconhecer **sinais de Libras e gestos manuais** em **tempo real** a partir de vídeo. O sistema seguirá uma arquitetura modular que combina (i) extração eficiente de *landmarks* de mãos executada no dispositivo (*on-device*) e (ii) uma cabeça de reconhecimento temporal compacta (p.ex., CNN/TCN/BiLSTM enxutas). Para a etapa de detecção e rastreamento de mãos, adotaremos *pipelines* otimizados como *MediaPipe Hands/Hand Landmarker*, projetados para **execução em tempo real em CPUs/GPUs móveis** (ZHANG; BAZAREVSKY et al., 2020; GOOGLE, 2025). A modelagem temporal será ajustada para operação embarcada, preservando desempenho e custo computacional reduzido.

2. Revisão de Literatura

2.1 Abordagens Tradicionais

As primeiras pesquisas em reconhecimento de língua de sinais e gestos utilizavam dispositivos adicionais, como luvas sensorizadas, para capturar dados precisos de posição e movimento dos dedos. Além disso, técnicas estatísticas como os Modelos de Markov Ocultos (HMM, do inglês *Hidden Markov Models*) e o *Dynamic Time Warping* (DTW) eram amplamente aplicadas. Os HMMs são modelos probabilísticos capazes de representar sequências temporais, assumindo que o sistema segue uma cadeia de estados ocultos que geram observações visíveis. Essa técnica era útil para modelar a variação temporal dos gestos, mas exigia extração manual de características e dependia de dados bem segmentados (ZHANG; JIANG, 2024). O DTW, por sua vez, é um algoritmo que mede a similaridade entre duas sequências temporais que podem variar em velocidade ou duração, alinhando-as de forma não linear. Embora eficiente para comparar gestos pré-

-segmentados, sua aplicação em vocabulários grandes é limitada devido ao alto custo computacional (ZHANG; JIANG, 2024).

2.2 Abordagens Baseadas em Visão Computacional

Com o avanço das câmeras convencionais e das técnicas de *deep learning*, tornou-se viável capturar e processar sinais diretamente a partir de imagens e vídeos, eliminando a necessidade de sensores físicos acoplados às mãos. Redes Neurais Convolucionais (CNNs) passaram a ser empregadas no reconhecimento de gestos estáticos, extraindo automaticamente padrões espaciais relevantes dos quadros. Para gestos dinâmicos, que envolvem movimento ao longo do tempo, surgiram arquiteturas híbridas combinando CNNs para a extração espacial e Redes LSTM (*Long Short-Term Memory*) para a modelagem temporal. Trabalhos como o de (KUMARI; ANAND, 2024) demonstraram que a inclusão de mecanismos de atenção pode aumentar a acurácia, permitindo que o modelo foque nos quadros mais informativos da sequência.

2.3 Reconhecimento em Libras

No Brasil, estudos específicos sobre **Libras** têm avançado nos últimos anos. Pesquisas como as de (SARMENTO; PONTI, 2023) e (ALVES et al., 2024) exploraram combinações de CNN+LSTM e representações de esqueleto (*skeleton*) para diferentes conjuntos de dados em Libras, ressaltando o desafio da generalização entre *datasets* capturados em condições distintas. (ALVES et al., 2024) também propuseram a conversão de *landmarks* em imagens para processamento por CNNs, obtendo bons resultados em cenários controlados.

Entre os *datasets* nacionais, destaca-se o **MINDS-Libras**, desenvolvido pelo *Machine Intelligence and Data Science Laboratory* (MINDS) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) (REZENDE, 2021). Esse conjunto contém exclusivamente sinais isolados de Libras — 20 classes diferentes realizadas por 12 sinalizadores, cada um repetindo o gesto cinco vezes — totalizando aproximadamente 1158 gravações. As coletas foram feitas em condições controladas com câmeras RGB e sensores de profundidade, e incluem anotações de *landmarks* corporais, faciais e manuais. O caráter multimodal e a padronização das capturas tornam o MINDS-Libras uma referência para estudos de reconhecimento de sinais isolados em Libras, embora não contemple sinais contínuos.

Esses trabalhos evidenciam que, embora o uso de visão computacional e aprendizado profundo tenha elevado significativamente a precisão no reconhecimento de Libras, ainda persistem desafios quanto à robustez em ambientes variados, à generalização para diferentes usuários e à escassez de bases de dados públicas abrangentes (phdthesis; SARMENTO; PONTI, 2023; ALVES et al., 2024).

2.4 Reconhecimento em ASL

No cenário internacional, a Língua Americana de Sinais (ASL, do inglês *American Sign Language*) tem recebido grande atenção graças à disponibilidade de conjuntos de dados de larga escala. Conjuntos pioneiros como o **ASLLVD** de Boston e os vídeos RWTH-Boston-50/104 foram importantes inicialmente, porém possuíam vocabulários limitados. Em anos mais recentes, destacam-se bases como o **MS-ASL** (JOZE; KOLLER, 2019), que abrange aproximadamente 1000 sinais distintos com mais de 25000 vídeos envolvendo mais de 200 sinalizadores, e o **WLASL** (LI et al., 2020), com cerca de 2000 sinais (21083 vídeos gravados por 119 participantes diferentes). A introdução desses conjuntos ampliados permitiu treinar modelos profundos mais robustos. Li et al. (LI et

al., 2020) reportaram que arquiteturas 3D-CNN (I3D) combinadas a grafos temporais de pose atingiram acurácia acima de 60% no reconhecimento de 2000 sinais isolados.

Mais recentemente, esforços de coleta colaborativa resultaram em conjuntos ainda maiores e mais variados. Um exemplo é o **ASL Citizen** (DESAI et al., 2023), composto por aproximadamente 84000 vídeos cobrindo 2.7 mil sinais, capturados “no mundo real” com ampla diversidade de pessoas. Esse dataset melhorou significativamente o desempenho dos modelos — seus métodos basais híbridos de aparência e pose elevaram a taxa de acerto em ASL isolada de cerca de 32% para 62%. Além do reconhecimento de sinais isolados, também foram desenvolvidos grandes corpora para sinais contínuos e tradução automática. Destaca-se o **How2Sign** (DUARTE et al., 2021), um dataset multimodal contendo mais de 80 horas de vídeos contínuos de ASL alinhados a transcrições em inglês (frases completas), viabilizando estudos de tradução *speech-to-sign* e *sign-to-text*. De forma similar, o conjunto **OpenASL** (SHI et al., 2022) reuniu cerca de 288 horas de vídeos “in the wild” de ASL com legendas correspondentes, expandindo o vocabulário e a variedade de estilos disponíveis.

Com esses recursos, modelos baseados em *transformers* e técnicas de atenção têm emergido para traduzir diretamente vídeos de ASL em texto, sem depender de anotações intermediárias em *glosses*.

Em suma, apesar de a pesquisa com ASL impulsionou o estado da arte na área — desde o reconhecimento isolado em larga escala até os primeiros sistemas de tradução automática —, servindo de base para que metodologias avançadas sejam futuramente adaptadas a outras línguas de sinais.

3. Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi cuidadosamente planejada para garantir a reprodutibilidade e a validade dos resultados obtidos. O fluxo metodológico foi organizado em três etapas principais: (1) coleta e representação dos dados; (2) normalização e aumento de dados (*data augmentation*); (3) modelagem, treinamento e avaliação da rede neural híbrida.

3.1 Coleta e Representação dos Dados

O conjunto de dados foi obtido por meio de um processo de aquisição controlado, no qual diferentes participantes (*signers*) realizaram sinais isolados da Língua Brasileira de Sinais (Libras). Para garantir consistência e qualidade visual, todas as gravações foram realizadas com iluminação uniforme e fundo neutro, minimizando ruídos visuais que pudessem comprometer a detecção das mãos. Os vídeos foram capturados em resolução 720p (formato 16:9) e taxa de 30 *frames por segundo* (FPS), utilizando câmeras convencionais de boa qualidade.

A extração de características foi realizada com o **MediaPipe Hands (Hand Landmarker)**[1], sistema baseado em redes neurais convolucionais capaz de detectar e rastrear em tempo real **21 landmarks** tridimensionais por mão, totalizando até 42 pontos por *frame*.

Cada *landmark* corresponde a uma posição anatômica específica, incluindo juntas e extremidades dos dedos, definidas pelas coordenadas (x , y , z). A Figura 1 ilustra a indexação desses pontos.

[1] Disponível em: <https://developers.google.com/mediapipe>

Figura 1: Exemplo de detecção de mãos e indexação dos 21 *landmarks* pelo MediaPipe Hands (**mediapipe2024**).



A representação vetorial de cada *frame* f para uma única mão é dada por:

$$L_f = (x_0, y_0, z_0), (x_1, y_1, z_1), \dots, (x_{20}, y_{20}, z_{20}) \quad (1)$$

Para o vetor unificado contendo as duas mãos, foi utilizada a concatenação:

$$V_f = [L_{Df} \parallel L_{Ef}] \quad (2)$$

onde L_{Df} e L_{Ef} representam, respectivamente, os 21 *landmarks* da mão direita e esquerda. Nos casos em que apenas uma mão foi detectada, aplicou-se *zero-padding* para manter dimensionalidade constante ($126 = 2 \times 21 \times 3$).

As Figuras 2a a 2c mostram exemplos dessa representação em projeções 2D e 3D.

(a) Gesto “ajuda”.

(b) Gesto “por favor”.

(c) Gesto “y”.

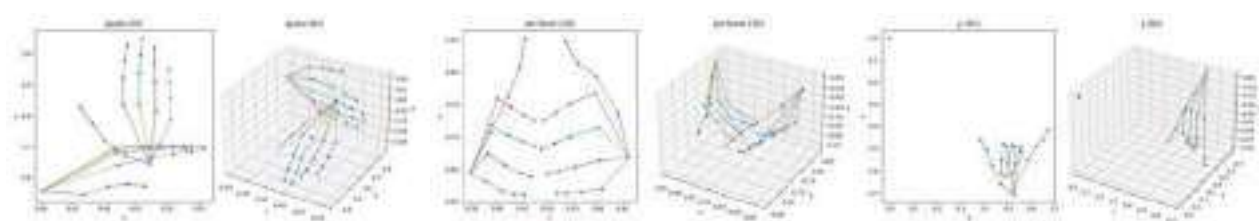


Figura 2: Visualização dos *landmarks* em projeções 2D (esquerda) e 3D (direita) para três gestos: (a) “ajuda”, (b) “por favor” e (c) “y”.

3.2 Base de Dados

A base principal utilizada foi a **MINDS-Libras** (*Machine Intelligence and Data Science Laboratory – Língua Brasileira de Sinais*) (**phdthesis**). Ela contém vídeos de sinais isolados da Libras gravados em condições padronizadas, com fundo neutro e iluminação uniforme, cobrindo um vocabulário variado. Cada amostra inclui metadados como o nome do sinal, o identificador do participante e informações de sessão, o que possibilita particionamento controlado no treinamento.

Além do conjunto original, foi incorporado um **conjunto adicional de sinais** desenvolvido como parte deste trabalho. Esses novos sinais contemplam principalmente o **alfabeto manual, pronomes e expressões de uso frequente**, adicionados para:

1. Aumentar a cobertura vocabular, contemplando termos não suficientemente representados na base original;
2. Melhorar a capacidade do modelo em interpretar contextos mistos de palavras e soletração manual;

3. Permitir avaliação mais robusta em gestos curtos e discretos, comuns na comunicação diária.

A Tabela 1 lista os sinais e gestos considerados neste trabalho, indicando sua **origem** (se provenientes do conjunto MINDS ou adicionados posteriormente), a **quantidade de mãos** utilizadas em sua realização e a **natureza** do gesto (estático ou com movimento).

Tabela 1: Sinais e gestos utilizados, origem, quantidade de mãos e natureza.

Item	Origem	Mãos	Natureza
Acontecer	MINDS	Duas	Movimento
Aluno	MINDS	Uma	Estático
Amarelo	MINDS	Uma	Movimento
América	MINDS	Duas	Estático
Aproveitar	MINDS	Uma	Movimento
Bala	MINDS	Uma	Movimento
Banco	MINDS	Uma	Movimento
Banheiro	MINDS	Duas	Movimento
Barulho	MINDS	Uma	Movimento
Cinco	MINDS	Uma	Estático
Conhecer	MINDS	Uma	Movimento
Espelho	MINDS	Uma	Movimento
Esquina	MINDS	Duas	Movimento
Filho	MINDS	Uma	Movimento
Maçã	MINDS	Uma	Movimento
Medo	MINDS	Uma	Movimento
Ruim	MINDS	Uma	Movimento
Sapo	MINDS	Duas	Movimento
Vacina	MINDS	Uma	Movimento
Vontade	MINDS	Uma	Movimento
a	Adicionado	Uma	Estático
ajuda	Adicionado	Duas	Movimento
b	Adicionado	Uma	Estático

c	Adicionado	Uma	Estático
d	Adicionado	Uma	Estático
e	Adicionado	Uma	Estático
eu	Adicionado	Uma	Estático
f	Adicionado	Uma	Estático
g	Adicionado	Uma	Estático
h	Adicionado	Uma	Estático
i	Adicionado	Uma	Estático
j	Adicionado	Uma	Movimento
k	Adicionado	Uma	Estático
l	Adicionado	Uma	Estático
m	Adicionado	Uma	Estático
n	Adicionado	Uma	Estático
não	Adicionado	Uma	Movimento
o	Adicionado	Uma	Estático
p	Adicionado	Uma	Estático
por favor	Adicionado	Duas	Movimento
q	Adicionado	Uma	Estático
qual	Adicionado	Uma	Movimento
quer	Adicionado	Uma	Movimento
r	Adicionado	Uma	Estático
s	Adicionado	Uma	Estático
sim	Adicionado	Uma	Movimento
t	Adicionado	Uma	Estático
tudo bem	Adicionado	Duas	Movimento
u	Adicionado	Uma	Estático
v	Adicionado	Uma	Estático
você	Adicionado	Uma	Movimento

w	Adicionado	Uma	Movimento
x	Adicionado	Uma	Movimento
y	Adicionado	Uma	Movimento
z	Adicionado	Uma	Movimento

Nota: Os sinais e gestos foram classificados como *estáticos* quando a configuração de mão e posição são mantidas sem deslocamento relevante, e como *com movimento* quando envolvem trajetórias, repetições ou deslocamentos da(s) mão(s) no espaço.

Nota: Neste trabalho, os sinais e gestos foram classificados como *estáticos* quando a configuração de mão e posição são mantidas sem deslocamento relevante, e como *com movimento* quando envolvem trajetórias, repetições ou deslocamentos da(s) mão(s) no espaço.

3.3 Normalização e Aumento de Dados

Após a extração, cada sequência foi normalizada usando padronização z-score, calculada exclusivamente no conjunto de treino para evitar *data leakage*:

$$\hat{x}_{i,d} = \frac{x_{i,d} - \mu_d}{\sigma_d} \quad (3)$$

onde μ_d e σ_d são, respectivamente, a média e o desvio padrão de cada coordenada (x, y, z).

Aumento de Dados — Formalização

Seja $X \in \mathbb{R}^{T \times F}$ a sequência de um gesto com T frames e $F = 3P$ características por frame, onde P é o número de *landmarks* e cada ponto possui coordenadas (x, y, z).

(1) Reshape.

(3)

(3)

$$X_{t,p,:} = [x_{t,p}, y_{t,p}, z_{t,p}], X_{t, 3(p-1)+k} = X_{t,p,k} \quad (4) \quad (2) \text{ Jitter Gaussiano.}$$

$$\tilde{X}_{t,p,k(3)} = X_{t,p,k(3)} + \varepsilon_{t,p,k}, \quad \varepsilon_{t,p,k} \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2) \quad (5)$$

(3) Rotação no plano (x, y).

$$R(\theta) = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \hat{x}_{t,p} \\ \hat{y}_{t,p} \end{pmatrix} = R(\theta) \begin{pmatrix} x_{t,p} \\ y_{t,p} \end{pmatrix} \quad (6)$$

(4) Escalonamento.

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_{t,p} \\ \hat{y}_{t,p} \\ \hat{z}_{t,p} \end{pmatrix} = s \cdot \begin{pmatrix} x_{t,p} \\ y_{t,p} \\ z_{t,p} \end{pmatrix} \quad (7)$$

(5) Temporal Dropout.

$$m_t \sim \text{Bernoulli}(1 - p_{\text{drop}}), X_{t,p,(3,\text{td})} = m_t \cdot X_{t,p,(3,\text{rot},\text{scale})} \quad (8)$$

(6) Time Mask.

$$L = \lfloor \rho T \rfloor, X_{t,p,(3,tm)} = (1 - I_t) \cdot X_{t,p,(3,td)} \quad (9)$$

onde $I_t = 1$ se t pertence ao intervalo mascarado e $I_t = 0$ caso contrário.

(7) Flatten Final.

$$X_{t,p,k} = X_{t,p,k}^{(3,tm)} \cdot 10^{3(-1)+k}$$

3.4 Modelagem e Arquitetura da Rede BiLSTM

O modelo proposto é baseado em uma **Bidirectional Long Short-Term Memory** (BiLSTM), capaz de processar sequências no sentido direto e inverso, capturando contexto passado e futuro. Dada uma sequência $(x_1, x_2, \dots, x_T)$:

→- -→→

$$h_t = \text{LSTM}_{\text{forward}}(x_t, h_{t-1}) \quad (11)$$

$$h_t = \text{LSTM}_{\text{backward}}(x_t, h_{t+1}) \quad (12)$$

$$h_t = [h_t; h_t] \quad (13)$$

Cada célula LSTM segue:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (14)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (15)$$

$$\sim \quad (16)$$

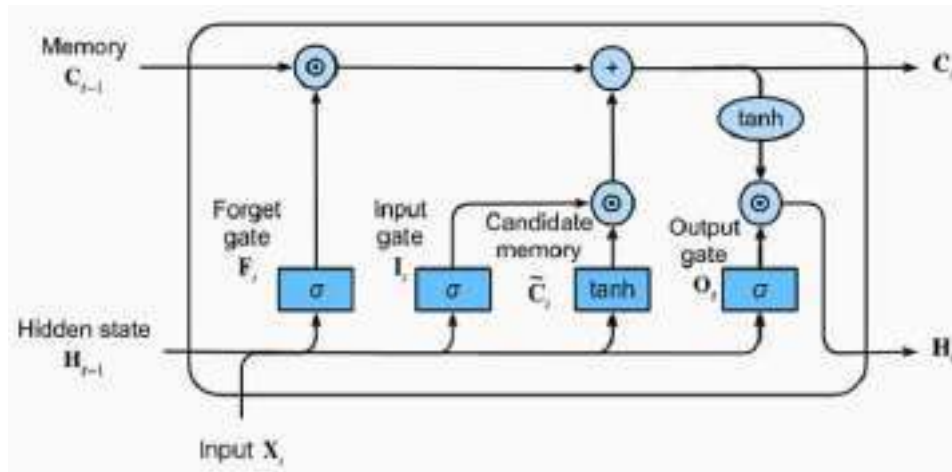
$$C_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (17)$$

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot C_t \quad (18)$$

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (19)$$

$$h_t = o_t \odot \tanh(C_t) \quad (19)$$

Figura 3: Arquitetura interna de uma célula LSTM (ZHANG; LIPTON et al., 2021).



Na implementação, cada vetor de *landmarks* por *frame* foi processado por duas camadas BiLSTM: a primeira com 128 unidades (retornando a sequência completa) e a segunda

com 64 unidades (retornando o estado final). Em seguida, a saída passou por uma camada densa de 128 neurônios com ativação ReLU e *dropout*, culminando em uma camada *softmax* de 35 saídas.

Tabela 2: Arquitetura final do modelo bidirecional proposto, incluindo número de unidades, dropout e função de ativação.

Camada	Forma de Saída	Parâmetros	Unidades	Ativação / Dropout
Bidirectional (LSTM)	(None, 16, 256)	261,120	128 × 2 direções	tanh / 0.3
Bidirectional (LSTM)	(None, 128)	164,352	64 × 2 direções	tanh / 0.3
Dense	(None, 128)	16,512	128	ReLU / –
Dropout	(None, 128)	0	–	– / 0.4
Dense (Softmax)	(None, 35)	4,515	35	Softmax / –

3.5 Treinamento e Validação

Esta etapa tem por objetivo ajustar os parâmetros do modelo BiLSTM para maximizar o desempenho de classificação, mantendo generalização e evitando *overfitting*. O processo foi planejado para (i) isolar grupos de gravação, (ii) normalizar com estatísticas calculadas apenas no treino, (iii) aplicar *data augmentation* exclusivamente no treino, e (iv) selecionar o melhor modelo com base no desempenho de validação.

Particionamento com isolamento de grupos. Para reduzir *leakage* temporal ou por *signer*, realizamos um particionamento estratificado por classe com isolamento de grupos (prefixo do arquivo, associado a pessoa/sessão).

Seja $D = \{(X_i, y_i, g_i)\}_{i=1}^N$, onde g_i identifica o grupo. Construímos D_{train} e D_{val} de modo que amostras do mesmo g não apareçam simultaneamente em treino e validação, mantendo a proporção de classes. O tamanho do conjunto de validação foi de 20%.

Janela temporal e preparação dos lotes. Cada sequência tem duração T_i e dimensionalidade $F = 3P$ (com P landmarks). Fixamos uma janela T pela mediana dos comprimentos: sequências são centralmente *pad/crop* para $\mathbb{R}$:

$$\tilde{X}_i = \text{pad/crop}(X_i, T) \in \mathbb{R}^{T \times F}.$$

Com *feature_mode* do tipo *wrist_centered*, subtraímos o pulso (landmark 0) de cada mão antes da normalização, para tornar a representação invariante à translação local. Em seguida, padronizamos por *z-score* usando médias μ e desvios σ calculados apenas em D_{train} :

$$\hat{X}_i[t, d] = \frac{\tilde{X}_i[t, d] - \mu_d}{\sigma_d}$$

Os lotes são embaralhados a cada época no treino.

Data Augmentation temporal e espacial. Em D_{train} aplicamos, por amostra e por época, perturbações leves: *jitter* gaussiano em (x, y, z) , rotação no plano (x, y) , *scaling* isotrópico, *temporal dropout* (zerar timesteps aleatórios) e *time mask* (mascarar um bloco contíguo de comprimento $L = \lfloor \rho T \rfloor$). Formalmente, se $X \in \mathbb{R}^{T \times 3P}$, reestruturamos para $X \in \mathbb{R}^{T \times P \times 3}$ e aplicamos:

(3)

$$X_{t,p,k}^{(3)} = s \cdot R(\theta)[x_{t,p}, y_{t,p}]^\top + \varepsilon_{t,p,k},$$

seguido de máscaras temporais descritas por variáveis de Bernoulli/indicadoras (ver detalhamento na Seção de Normalização e Aumento).

Saída do modelo e softmax. A rede produz, para cada sequência, um vetor de probabilidades $\hat{\mathbf{p}} \in \mathbb{R}^K$ (com K classes), via *softmax*:

$$\hat{p}_k = \frac{\exp(z_k)}{\sum_{j=1}^K \exp(z_j)}, \quad k = 1, \dots, K,$$

onde z_k são os *logits* na camada final.

Função de perda com *label smoothing*. Usamos entropia cruzada categórica com *label smoothing* ε . Seja $\mathbf{y}$ a distribuição-alvo *one-hot* e $\tilde{\mathbf{y}}$ a versão suavizada:

$$\tilde{y}_k = (1 - \varepsilon) y_k + \frac{\varepsilon}{K}.$$

A perda por amostra é

$$L_{\text{CE}}(\tilde{\mathbf{y}}, \hat{\mathbf{p}}) = - \sum_{k=1}^K \tilde{y}_k \log \hat{p}_k.$$

O *label smoothing* (aqui $\varepsilon = 0,05$) reduz a confiança excessiva e melhora a calibração.

Otimização (AdamW) e decaimento de pesos desacoplado. Otimizamos com AdamW (taxa inicial $\eta_0 = 3 \times 10^{-4}$, *weight decay* $\lambda = 10^{-4}$). Os momentos são atualizados como no Adam:

$$m = \beta_1 m_{-1} + (1 - \beta_1) \nabla L, \quad v = \beta_2 v_{-1} + (1 - \beta_2) \nabla L$$

com correções de viés $\hat{m}_t = m_t / (1 - \beta_1^t)$ e $\hat{v}_t = v_t / (1 - \beta_2^t)$. A atualização de AdamW desacopla o decaimento:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta_t \frac{\hat{m}_t}{\hat{v}_t + \delta} - \eta_t \lambda \theta_t.$$

Agendamento de taxa de aprendizado e parada antecipada. Aplicamos *ReduceLROnPlateau* monitorando a perda de validação: se não houver melhora por P_{LR} épocas, reduzimos η por um fator γ :

$$\eta_{t+1} = \begin{cases} \gamma \eta_t, & \text{se } \Delta \min(\text{val_loss}) = 0 \text{ por } P_{\text{LR}} \text{ épocas,} \\ \eta_t, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Usamos $\gamma = 0,5$, $P_{\text{LR}} = 5$, com $\eta_{\min} = 10^{-6}$. A *EarlyStopping* interrompe o treino se a *val_loss* não melhorar por $P_{\text{ES}} = 10$ épocas, restaurando os melhores pesos (menor *val_loss*).

Seleção do melhor modelo e reprodutibilidade. Salvamos em disco (ModelCheckpoint) o modelo com melhor *val_categorical_accuracy*, enquanto a restauração de pesos ao final segue a menor *val_loss*; reportamos os resultados com esses pesos restaurados. Fixamos sementes pseudoaleatórias (42) para NumPy/TensorFlow e registramos estatísticas de normalização (*norm_stats.json*) para uso consistente na inferência ao vivo.

3.6 Métricas de Avaliação

A avaliação é feita no conjunto de validação com as mesmas transformações determinísticas (*pad/crop* e normalização), *sem augmentation*. Adotamos métricas padrão para classificação multiclasse, além de curvas Precisão–Revocação e *Average Precision* (AP) macro.

Notação e decisão. Seja $\hat{p}^{(i)}$ o vetor de probabilidades da amostra i e $y^{(i)} = \operatorname{argmax}_k p_k^{(i)}$ a classe prevista. A verdadeira classe é $y^{(i)} \in \{1, \dots, K\}$.

Matriz de confusão absoluta. Definimos $C \in \mathbb{N}^{K \times K}$ por

$$C_{ij} = |\{i: y^{(i)} = i, \hat{y}^{(i)} = j\}|$$

Mapas de calor de C destacam erros absolutos;

Acurácia global. A acurácia mede a fração de previsões corretas:

$$\text{Acc} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbb{I}_{\hat{y}^{(i)} = y^{(i)}} = \frac{\sum_{k=1}^K C_{kk}}{N}$$

Precisão, Revocação e F1 por classe. Para cada classe k , definimos $TP_k = C_{kk}$, $FP_k = \sum_{i \neq k} C_{ik}$ e $FN_k = \sum_{j \neq k} C_{kj}$. Então:

$$\text{Rec}_k = \frac{TP_k}{TP_k + FN_k}, \quad \text{Prec}_k = \frac{TP_k}{TP_k + FP_k},$$

$$\text{F1}_k = \frac{2 \text{Prec}_k \text{Rec}_k}{\text{Prec}_k + \text{Rec}_k}$$

Reportamos agregações *macro* (média não ponderada), *micro* (contagens globais) e *weighted* (ponderada pelo suporte $n_k = \sum_j C_{kj}$):

$$\text{F1}_{\text{macro}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \text{F1}_k, \quad \text{F1}_{\text{micro}} = \frac{2 \text{Prec}_{\text{micro}} \text{Rec}_{\text{micro}}}{\text{Prec}_{\text{micro}} + \text{Rec}_{\text{micro}}},$$

$$\text{F1}_{\text{weighted}} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k \text{F1}_k}{\sum_{k=1}^K n_k}$$

A versão *macro* é mais sensível a classes raras; a *micro* resume o desempenho global.

Curva Precisão–Revocação e *Average Precision* (AP) macro. Para lidar com desbalançamento e analisar desempenho por limiar, construímos curvas Precisão–Revocação no esquema *one-vs-rest*. Seja, para a classe k , o escore contínuo $s^{(i)} = \hat{p}_k^{(i)}$ e rótulos binários $y_k^{(i)} = \mathbb{I}(y^{(i)} = k)$. Variando um limiar $\tau \in [0, 1]$ definimos previsões positivas $\mathbb{I}(s^{(i)} \geq \tau)$ e computamos $\text{Prec}_k(\tau)$ e $\text{Rec}_k(\tau)$. A *Average Precision* por classe é a área sob a curva P–R:

$$\text{AP} \approx \frac{1}{N_k} \sum_{n=1}^k \text{Rec}_k(n) [\text{Prec}_k(n) - \text{Prec}_k(n-1)]$$

com pontos ordenados por *recall*. Reportamos a média macro:

$$AP_{\text{macro}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K AP_k$$

Crítérios usados nos gráficos e relatórios. Além de *Acc* e *F1*, apresentamos: (i) matriz de confusão absoluta

C; (ii) curva P-R macro, com AP_{macro} ; (iii) curvas de treino/validação de perda e acurácia por época. Predições pontuais (*per-class* e métricas agregadas) usam a regra *argmax* sobre a *softmax*.

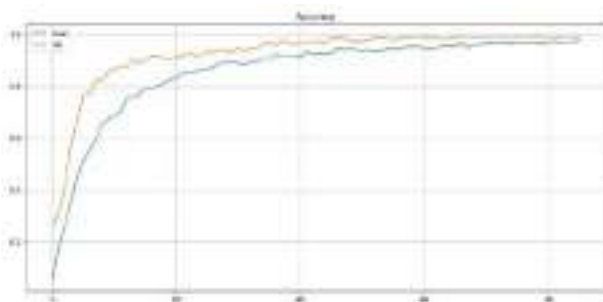
4. Resultados

4.1 Acurácia e perda

As Figuras 4 e 5 apresentam a evolução da acurácia e da perda durante o treinamento e a validação, comparando a versão bidirecional (BiLSTM) com o LSTM unidirecional.

No caso BiLSTM, a curva de acurácia mostra crescimento acelerado já nas primeiras épocas, partindo de aproximadamente 0,00 no treino e 0,30 na validação para valores próximos de 0,99 e 0,98, respectivamente. A curva de perda evidencia redução rápida da perda de treino (de ~ 3,80 para ~ 0,60) e estabilização da validação em torno de 0,50. No LSTM unidirecional, observa-se dinâmica semelhante, porém com platô ligeiramente inferior (Seção 4.6).

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional

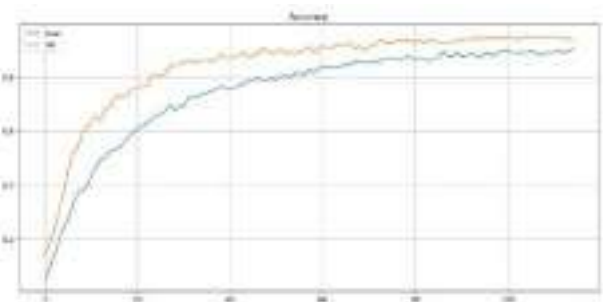
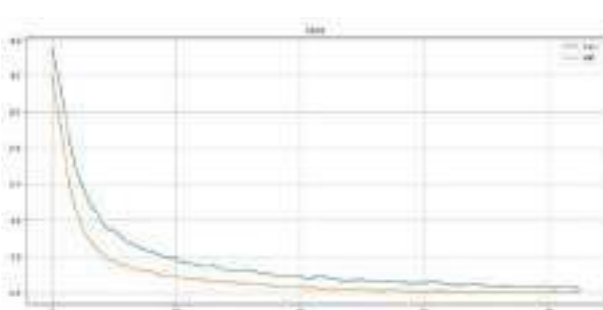


Figura 4: Evolução da acurácia no treino e validação.

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional

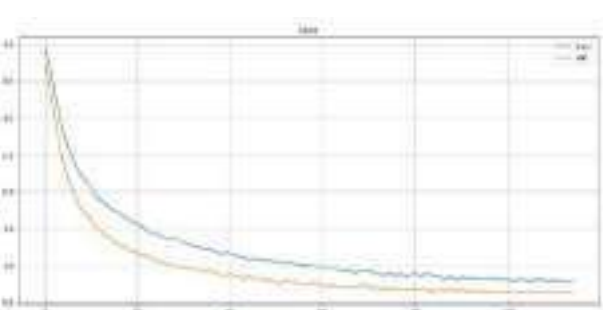


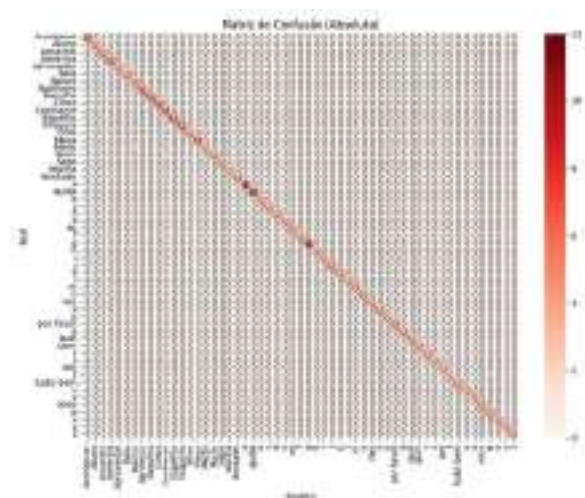
Figura 5: Evolução da perda no treino e validação.

4.2 Matriz de confusão e análise de erros

A Figura 6 apresenta as matrizes de confusão absolutas no conjunto de teste. O modelo BiLSTM classificou corretamente a maioria das amostras, atingindo ~ 93% de acurácia no teste. As confusões concentram-se em gestos visualmente semelhantes ou com

movimentos próximos (por exemplo, *pares de classe* com fronteiras temporais curtas). O LSTM unidirecional mantém padrão semelhante, com leve aumento de confusões nessas fronteiras.

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional

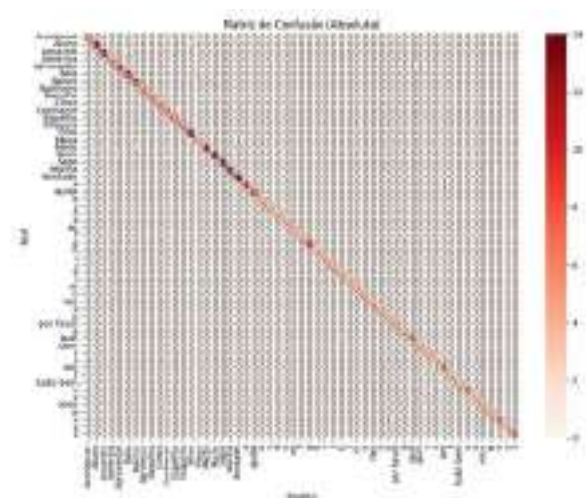
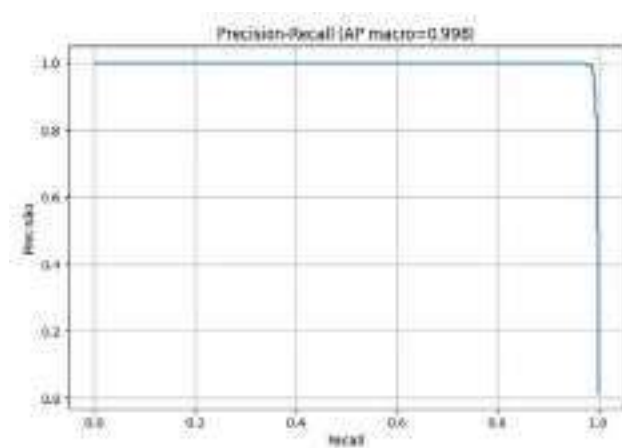


Figura 6: Matriz de confusão absoluta no conjunto de teste.

4.3 Métricas adicionais

As Figuras 7–9 comparam as curvas de Precisão–Revocação (macro e por classe) e as curvas ROC entre os dois modelos. No BiLSTM, observamos AP macro de 0,998 e *micro AP* de 0,999, com *micro-AUC* de 1,000, sugerindo separabilidade quase perfeita. O LSTM unidirecional apresenta leve redução, consistente com as métricas agregadas reportadas adiante.

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional

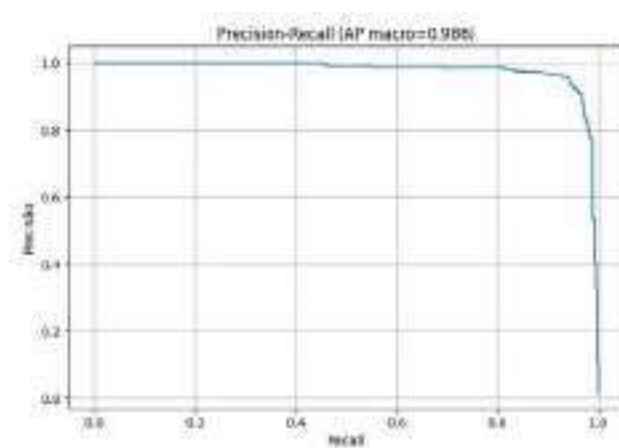
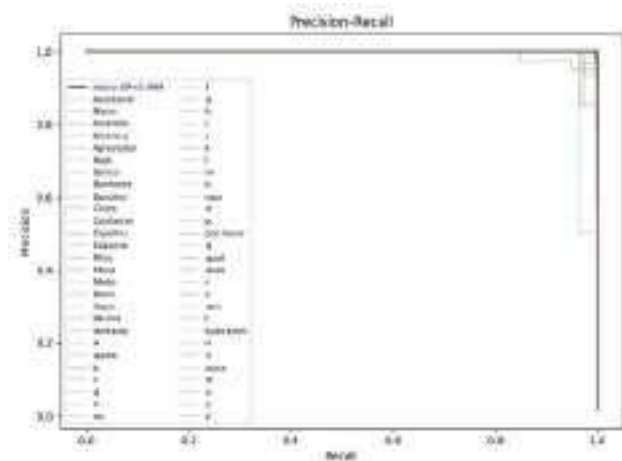


Figura 7: Curva Precisão–Revocação (macro).

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional

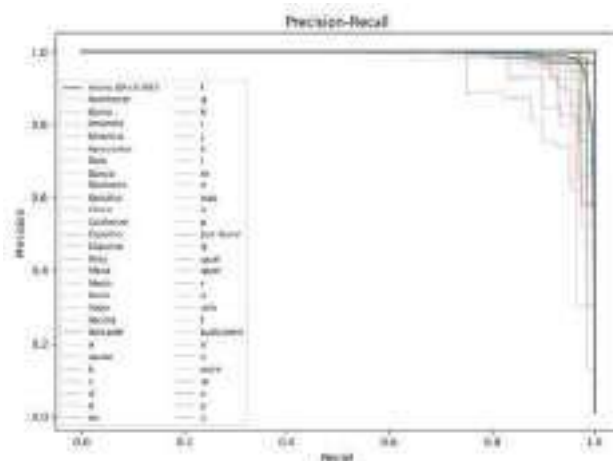
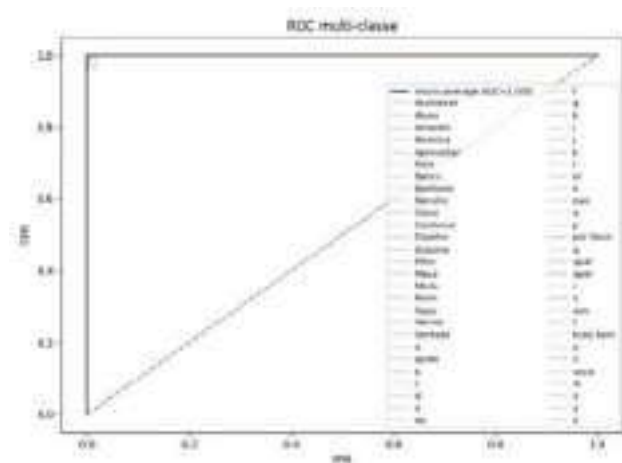


Figura 8: Curvas Precisão–Revocação por classe.

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional

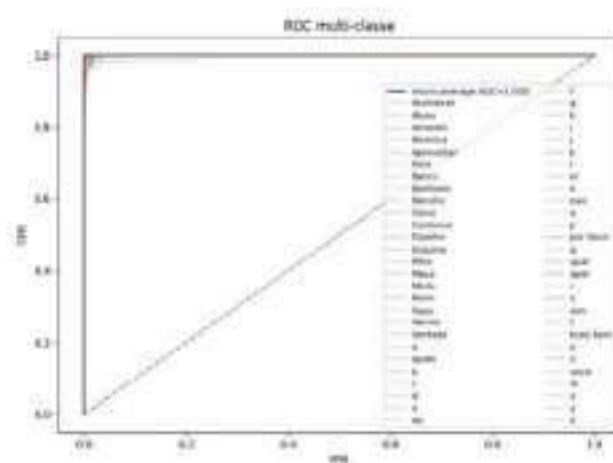
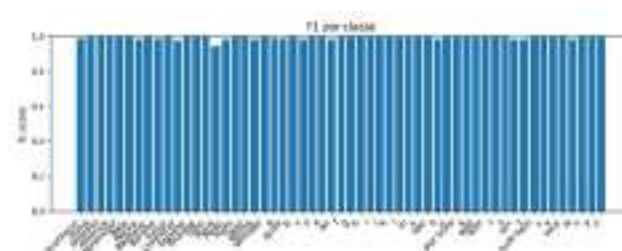


Figura 9: Curvas ROC multi-classe.

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional

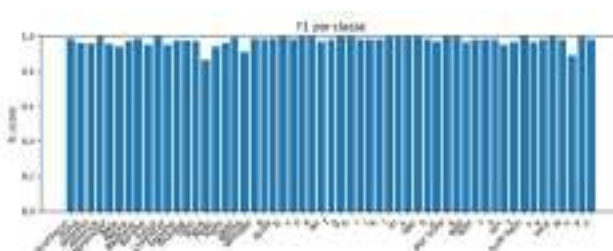
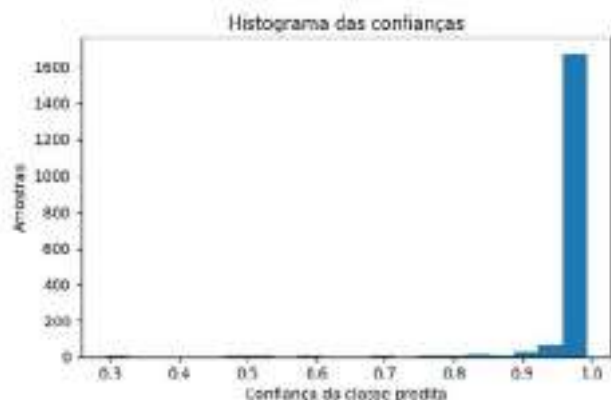


Figura 10: F1-score por classe.

(a) BiLSTM



(b) LSTM unidirecional



Figura 11: Histograma das confianças das predições.

4.4 Distribuição de classes

A Figura 12 apresenta a distribuição de amostras por classe no conjunto de dados. Observa-se que a maioria das classes está balanceada, com exceção de a e g, que apresentam maior número de amostras, o que pode ter contribuído para sua alta taxa de acerto.

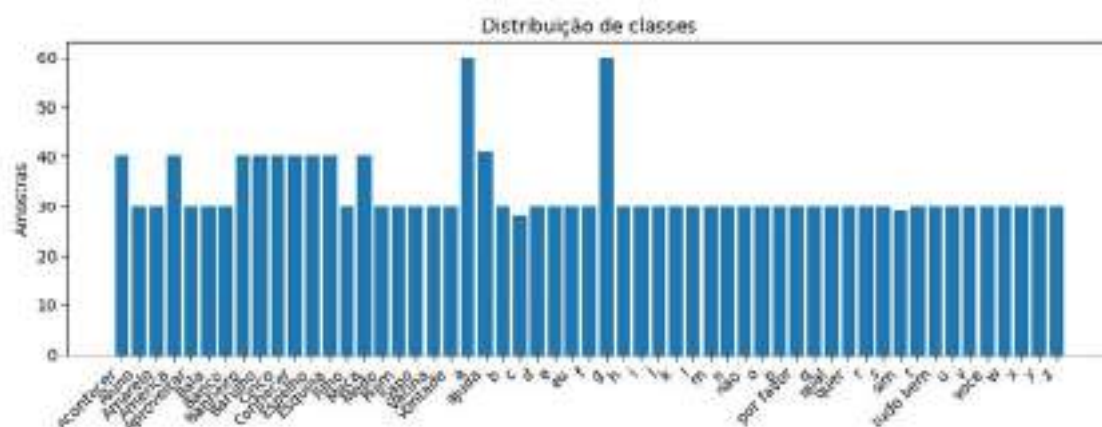


Figura 12: Distribuição de amostras por classe.

4.5 Comparação com trabalhos anteriores

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos no conjunto MINDS e a comparação com trabalhos anteriores. Os valores estão no formato *média ± desvio padrão*.

Tabela 3: Resultados no dataset MINDS e comparação com trabalhos prévios (média ± desvio padrão).

Método	Dataset	Acurácia	Precisão	Recall	F1-score
Nosso (CNN-BiLSTM)	MINDS	0.993 ± 0.074	0.993 ± 0.076	0.991 ± 0.008	0.990 ± 0.009
Alves (2024)	MINDS	0.93 ± 0.05	0.94 ± 0.05	0.93 ± 0.05	0.93 ± 0.08
De Castro (2023)	MINDS	0.91 ± 0.07	–	–	0.90 ± 0.08
Passos et al. (2021)	MINDS	0.85 ± 0.02	–	–	–

A Tabela 4 apresenta os resultados quando o modelo foi treinado no conjunto MINDS combinado com mais 35 sinais adicionais.

Tabela 4: Resultados no dataset MINDS + 35 sinais adicionais (média $\pm$ desvio padrão).

Método	Dataset	Acurácia	Precisão	Recall	F1-score
Nosso (CNN-BiLSTM)	MINDS+Adicionados	0.989 $\pm$ 0.056	0.989 $\pm$ 0.057	0.988 $\pm$ 0.061	0.987 $\pm$ 0.067

4.6 Comparativo direto: BiLSTM vs. LSTM unidirecional

A Tabela 5 resume as métricas agregadas de ambos os modelos. Para o LSTM unidirecional (sem bidirecionalidade), obtivemos: **Acurácia** 0.9489 $\pm$ 0.0101, **Precisão (macro)** 0.9548 $\pm$ 0.0097, **Recall (macro)** 0.9567 $\pm$ 0.0097, **F1 (macro)** 0.9509 $\pm$ 0.0104.

Tabela 5: Resumo comparativo entre BiLSTM (nosso) e LSTM unidirecional (média $\pm$ desvio padrão).

Modelo	Acurácia	Precisão (macro)	Recall (macro)	F1 (macro)
CNN-BiLSTM (nosso)	0.993 $\pm$ 0.074	0.993 $\pm$ 0.076	0.991 $\pm$ 0.008	0.990 $\pm$ 0.009
LSTM unidirecional	0.9489 $\pm$ 0.0101	0.9548 $\pm$ 0.0097	0.9567 $\pm$ 0.0097	0.9509 $\pm$ 0.0104

Discussão. A bidirecionalidade oferece acesso simultâneo ao *contexto passado e futuro* da sequência, o que tende a melhorar a separação de classes com transições curtas ou padrões temporais sutis. Isso se reflete em: (i) curvas PR/ROC mais próximas do ideal no BiLSTM (Figuras 7– 9); (ii) maior F1 macro e acurácia agregada (Tabela 5); (iii) leve redução das confusões entre gestos morfológicamente semelhantes (Figura 6), principalmente na vizinhança de *onsets/offsets* do movimento. O LSTM unidirecional, embora robusto, depende apenas do contexto causal (passado), o que pode degradar a decisão em sequências curtas ou com pistas discriminativas atrasadas/adiantadas no tempo. Em contrapartida, o LSTM unidirecional é potencialmente mais leve em parâmetros e pode apresentar menor latência de inferência no *forward* do bloco recorrente (quando se mantém o restante do pipeline idêntico), sendo uma alternativa válida para dispositivos extremamente restritos.

4.7 Eficiência computacional

O modelo final (BiLSTM) apresenta **446,499 parâmetros treináveis**, sem parâmetros não treináveis, ocupando aproximadamente **1,79 MB** em FP32, **0,89 MB** em FP16 e **0,45 MB** em INT8. A complexidade computacional é de **0,017 GFLOPs** por sequência de entrada (16 *frames* $\times$ 126 atributos). Enquanto o método de Alves (2024) dependia da OpenPose ($\sim$ **36 s/pose**; $\sim$ **2 FPS**), o nosso pipeline (CPU, *batch* = 1, FP32, TensorFlow/Keras) apresentou a decomposição de latência da Tabela 6.

Tabela 6: Desempenho por etapa do pipeline de inferência em CPU (*batch* = 1, FP32; BiLSTM).

Etapa	n	Média (ms)	Mín. (ms)	p50 (ms)	p95 (ms)	Máx. (ms)
Captura	52	9.07	2.10	6.33	12.39	126.01
MediaPipe	52	24.24	15.73	29.91	31.16	37.58
Extração de <i>features</i>	52	0.05	0.02	0.05	0.09	0.12
Normalização	52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Predição (modelo)	37	41.00	30.32	31.76	34.69	363.57
Renderização	52	0.73	0.40	0.47	0.67	12.96

Essa eficiência permite execução em tempo real mesmo em dispositivos de baixo custo, sem GPU dedicada.

5. Discussão

Os resultados obtidos demonstram que a arquitetura proposta, combinando **camadas bidirecionais LSTM** para modelagem temporal de sequências de *landmarks* de mãos, oferece alto desempenho com baixo custo computacional. O uso do *MediaPipe Hands* para extração de 21 *landmarks* tridimensionais por mão (totalizando 126 atributos por *frame*) proporcionou uma entrada compacta, robusta a variações de iluminação, fundo e cor de pele, além de adequada para processamento em tempo real.

Em **Sarmiento e Ponti (2023)**, foi observado que, embora abordagens baseadas na combinação de camadas convolucionais e recorrentes alcancem acurácia próxima a 80% quando treino e validação ocorrem no mesmo conjunto, o desempenho cai drasticamente em cenários *cross-dataset*, indicando dificuldades de generalização. Esse estudo também evidenciou que representações baseadas em *landmarks* tendem a superar imagens RGB puras, pela maior robustez frente a variações de captura.

Tabela 7: Avaliação comparativa dos métodos propostos em Sarmiento e Ponti (2023).

Feature extractor	# units LSTM	# categ.	Acc.	Top 5 acc.
InceptionResNetV2	128	49	10.2	26.5
MobileNetV2	256	49	8.2	22.4
InceptionResNetV2	512	49	8.2	22.4
Landmark-based	256	49	40.8	75.5
Landmark-based	512	49	40.8	67.3
Landmark-based	128	49	38.8	65.3
Landmark-based	512	33	66.7	93.9
Landmark-based	256	33	63.6	87.9
Landmark-based	128	33	60.6	90.9

Já **Alves et al. (2024)** exploraram arquiteturas multimodais baseadas em *Transformers*, combinando informações de mãos, corpo e expressões faciais. Embora tenham atingido acurácia superior a 93% no dataset MINDS, o custo computacional foi substancialmente maior, exigindo múltiplas fontes de dados e maior capacidade de processamento, o que pode limitar a aplicação em sistemas de baixo custo ou embarcados. Além disso, sua abordagem dependia da biblioteca OpenPose, que apresentava latência elevada, restringindo o uso em tempo real.

De Castro (2023) propôs uma abordagem baseada em CNNs 3D para tradução automática de língua de sinais, obtendo 91% de acurácia no dataset MINDS e 90% de F1-score. Embora o desempenho seja competitivo, o modelo demandava maior capacidade computacional e não foi otimizado para execução em dispositivos embarcados.

Passos et al. (2021), por sua vez, obtiveram 85% de acurácia no dataset MINDS utilizando métodos mais tradicionais, sem explorar arquiteturas otimizadas para sequências temporais de *landmarks*. Esse resultado reforça a evolução da área e o impacto positivo do uso de redes recorrentes especializadas.

A Tabela 8 resume a comparação direta entre esses trabalhos e o presente estudo. Mesmo sem fusão multimodal e utilizando apenas *landmarks* de mãos, o modelo proposto atingiu **99,3%** de acurácia, superando abordagens puramente RGB e aproximando-se, ou mesmo superando, o desempenho de arquiteturas multimodais mais complexas.

Tabela 8: Comparação geral entre trabalhos relacionados e o presente estudo no dataset MINDS.

Trabalho	Arquitetura	Entrada	Acurácia	F1-score
Sarmiento; Ponti (2023)	CNN + RNN	Imagem RGB	≈80%	N/A
Alves et al. (2024)	Transformer multimodal	Mãos + corpo + face	93 ± 0.05	0.93 ± 0.08
De Castro (2023)	CNN 3D	Vídeo RGB	91 ± 0.07	0.90 ± 0.08
Passos et al. (2021)	Métodos tradicionais	Vídeo RGB	85 ± 0.02	N/A
Presente estudo	CNN-BiLSTM	Landmarks de mãos	99.3	0.99

A principal contribuição deste estudo está na **eficiência e escalabilidade**: com uma arquitetura simples, leve (menos de 1 MB em FP16) e custo computacional extremamente baixo (≈0,017 GFLOPs por amostra), foi possível alcançar acurácia de nível quase *state-of-the-art*, mantendo viabilidade para aplicações em tempo real e dispositivos embarcados, sem depender de múltiplas fontes de captura ou GPUs dedicadas.

Outro aspecto relevante é a **capacidade de generalização** observada nos experimentos. Embora o treinamento tenha sido realizado majoritariamente com a base MINDS, foram também incorporados 35 novos sinais desenvolvidos neste trabalho, resultando em um conjunto expandido. Nesse cenário, o modelo manteve desempenho elevado, obtendo 0.993 ± 0.746 de acurácia e

0.990 ± 0.009 de F1-score, mesmo para sinais que não estavam originalmente presentes no MINDS. Esse resultado sugere que a modelagem baseada em landmarks das mãos apresenta robustez e potencial de adaptação a vocabulários mais amplos, sem degradação significativa do desempenho.

6. Conclusão

O pipeline desenvolvido apresentou elevado desempenho no reconhecimento de sinais isolados da Língua Brasileira de Sinais (Libras), alcançando acurácia de 99,3% no conjunto de validação, mesmo com um volume limitado de dados e utilizando exclusivamente *landmarks* das mãos como entrada. A escolha dessa representação, combinada à arquitetura CNN+LSTM, resultou em um sistema leve, capaz de operar próximo ao tempo real e sem necessidade de hardware especializado.

Os resultados indicam que, mesmo sem a fusão de informações corporais ou faciais, é possível atingir desempenho comparável ou até superior a métodos mais complexos, mantendo baixo custo computacional. Essa característica torna a solução especialmente promissora para aplicações práticas, como tradução automática, plataformas de ensino de Libras e interfaces acessíveis.

Como trabalhos futuros, destacam-se:

- Avaliar a adaptação do modelo para dispositivos móveis e embarcados, garantindo baixo consumo de energia e manutenção do desempenho em cenários de uso cotidiano;
- Explorar mecanismos de integração multimodal, combinando informações de mãos, corpo e expressões faciais por meio de arquiteturas de atenção temporal e fusão de modalidades;
- Desenvolver técnicas de personalização do modelo para diferentes usuários, considerando variações individuais no estilo de sinalização;
- Investigar estratégias de aprendizado contínuo (*continual learning*), permitindo que o sistema incorpore novos sinais sem perda de desempenho nos já conhecidos;
- Avaliar o impacto pedagógico da tecnologia em ambientes de ensino de Libras, tanto para surdos quanto para ouvintes em processo de aprendizagem.

Essas linhas de investigação podem fortalecer a robustez do sistema, ampliar sua aplicabilidade e acelerar a transição do protótipo para soluções práticas em educação, acessibilidade e comunicação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil tem mais de 10 milhões de pessoas surdas, segundo o IBGE.** [S.l.: s.n.], jul. 2022. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencianacional/direitos-humanos/audio/2022-07/brasil-tem-mais-de-10-milhoes-de-pessoas-surdas-segundo-o-ibge>. Acesso em: 21 ago. 2025.

ALVES, C. E. G. R.; BOLDT, F. A.; PAIXÃO, T. M. Enhancing Brazilian Sign Language Recognition through Skeleton Image Representation. In: ARXIV preprint arXiv:2404.19148.

[S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2404.19148>>.

DESAI, Aashaka et al. *ASL Citizen: A Community-Sourced Dataset for Advancing Isolated Sign Language Recognition*. **arXiv preprint arXiv:2304.05934**, 2023.

DUARTE, Amanda; PALASKAR, Shruti; VENTURA, Lucas; GHADIYARAM, Deepti;

DEHAAN, Kenneth; METZE, Florian; TORRES, Jordi; GIRÓ-I-NIETO, Xavier. *How2Sign: A Large-Scale Multimodal Dataset for Continuous American Sign Language*. In: PROCEEDINGS of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). [S.l.: s.n.], 2021.

GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE - Instituto Brasileiro de. **Pesquisa Nacional de Saúde (PNS)**

2019 – Deficiência auditiva e uso de Libras. [S.l.: s.n.], 2021. Release da Agência de Notícias do IBGE, “PNS 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência”. Entre pessoas de 5 a 40 anos com deficiência auditiva, 22,4% sabem usar Libras; entre aquelas que não conseguem ouvir de modo algum, o percentual é de 61,3% :contentReference[oaicite:1]index=1 — Acessado em 20 ago. 2025. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agenciasala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-paistem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>>.

GOOGLE, Google AI Edge /. **Hand Landmarks Detection Guide (MediaPipe Hand Landmarker Task).** [S.l.: s.n.], 2025.

https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/hand_landmarker. *Guia oficial do Google AI Edge sobre uso da tarefa Hand Landmarker – Acessado em 20 ago. 2025.*

JOZE, Hamid Reza Vaezi; KOLLER, Oscar. *MS-ASL: A Large-Scale Data Set and Benchmark for*

Understanding American Sign Language. In: *PROCEEDINGS of the British Machine Vision Conference (BMVC)*. [S.l.: s.n.], 2019.

KUMARI, Deepika; ANAND, R. S. Isolated Video-Based Sign Language Recognition Using a Hybrid CNN-LSTM Framework Based on Attention Mechanism. **Electronics**, MDPI, v. 13, n. 7,

p. 1229, 2024. DOI: 10.3390/electronics13071229.

LI, Dongxu; RODRIGUEZ, Cristian; YU, Xin; LI, Hongdong. *Word-level Deep Sign Language Recognition from Video: A New Large-scale Dataset and Methods Comparison*. In: *PROCEEDINGS of the IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*. [S.l.: s.n.], 2020. P. 1459–1469.

REZENDE, Tamires. **Reconhecimento Automático de Sinais da Libras: Desenvolvimento da Base de Dados MINDS-Libras e Modelos de Redes Convolucionais.** Jul. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto. DOI: 10.13140/RG.2.2.18794.03527.

SARMENTO, A. H. de A.; PONTI, M. A. A Cross-Dataset Study on the Brazilian Sign Language Translation. In: *PROCEEDINGS of the ICCV Workshops*. [S.l.: s.n.], 2023. P. 2816–2825. DOI:

10.1109/ICCVW60793.2023.00300.

SHI, Bowen; BRENTARI, Diane; SHAKHNAROVICH, Greg; LIVESCU, Karen. *Open-Domain Sign Language Translation Learned from Online Video*. In: *PROCEEDINGS of the 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. [S.l.: s.n.], 2022. P. 6365–6379.

WORLD FEDERATION OF THE DEAF. **World Federation of the Deaf: Our Work.** World Federation of the Deaf. 2016. Disponível em: <<https://wfdeaf.org/our-work/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Deafness and hearing loss.** World Health Organization. 2024. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/deafness-and-hearing-loss>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning.** [S.l.: s.n.], 2021. Accessed: 2025-08-08. Disponível em:

<https://d2l.ai/chapter_recurrent-modern/lstm.html>.

ZHANG, Fan; BAZAREVSKY, Valentin; VAKUNOV, Andrey; TKACHENKA, Andrei;

SUNG, George; CHANG, Chuo-Ling; GRUNDMANN, Matthias. **MediaPipe Hands: On-device**

Real-time Hand Tracking. [S.l.: s.n.], 2020. preprint, arXiv:2006.10214. CVPR Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality, Seattle, WA, 2020; Acessado em 20 ago. 2025.

Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2006.10214>>.

ZHANG, Y.; JIANG, X. Recent Advances on Deep Learning for Sign Language Recognition.

Computer Modeling in Engineering & Sciences, v. 139, n. 3, p. 2399–2450, 2024. DOI: 10.32604/cmes.2024.050963.

ANÁLISE DO IMPACTO DA DIGITALIZAÇÃO NO CRESCIMENTO ECONÔMICO EM PAÍSES DESENVOLVIDOS E SUBDESENVOLVIDOS DOS ANOS 2000 A 2020

Debora Rocha da Silva

Christiano Alvez Farias

Luiz Carlos Day Gama

RESUMO

Nas últimas décadas, a digitalização tornou-se um dos principais motores da modernização econômica e social. Este trabalho analisa empiricamente o impacto das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) sobre o crescimento econômico de 130 países, entre 2000 e 2020, com foco na heterogeneidade entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. As variáveis de interesse incluem número de usuários de internet, assinaturas de banda larga, telefonia móvel e fixa. O PIB per capita é utilizado como proxy de produtividade, sendo controlado por variáveis macroeconômicas como inflação, investimentos, força de trabalho, abertura comercial e gastos públicos. Utiliza-se um modelo de dados em painel com limiares endógenos, conforme a metodologia de Hansen (1999), permitindo captar mudanças nos efeitos das TICs de acordo com o nível de renda. Os resultados indicam que a internet tem efeito positivo nas faixas de renda média-baixa a alta, mas negativo em países de baixa renda, sinalizando a importância da infraestrutura e do capital humano. A banda larga impacta positivamente apenas nas economias mais desenvolvidas, enquanto a telefonia móvel mostra efeito positivo em todos os grupos. A telefonia fixa apresenta relevância apenas em países menos desenvolvidos, indicando obsolescência nos demais. Conclui-se que os efeitos das TICs sobre o crescimento não são homogêneos e dependem da capacidade de absorção tecnológica. Assim, políticas públicas voltadas à inclusão digital, qualificação da mão de obra e expansão da infraestrutura tecnológica são fundamentais para traduzir a digitalização em ganhos sustentáveis de produtividade.

Palavras-chave

Digitalização; Crescimento Econômico; TICs.

ABSTRACT

In recent decades, digitalization has emerged as a key driver of economic and social modernization. This study empirically analyzes the impact of Information and Communication Technologies (ICTs) on the economic growth of 130 countries from 2000 to 2020, with a focus on the heterogeneity between developed and developing economies. The analysis considers internet users, broadband subscriptions, and mobile and fixed-line telephony

as core ICT variables. GDP per capita is used as a proxy for productivity, with controls for macroeconomic factors such as inflation, investment, labor force, trade openness, and government spending. A panel threshold model, based on Hansen's (1999) methodology, is applied to capture changes in ICT effects according to income levels. The results show that internet use has a positive impact in middle- and upper-income countries but a negative one in low-income economies, highlighting the importance of infrastructure and human capital. Broadband shows a significant positive effect only in more advanced economies, while mobile telephony is consistently positive across all income groups. Fixed-line telephony remains relevant only in less developed countries, suggesting technological obsolescence in higher-income settings. The findings confirm that the economic impact of ICTs is not uniform, depending largely on each country's capacity to absorb and utilize digital technologies. Public policies aimed at promoting digital inclusion, strengthening human capital, and expanding technological infrastructure are essential for transforming digital advances into sustainable productivity and development gains.

Keywords

Digitalization; Economic Growth; ICTs.

1. INTRODUÇÃO

Os países buscam constantemente o desenvolvimento econômico, visto que ele está diretamente relacionada à melhoria das condições de vida da população, redução da pobreza e promoção de bem-estar social. No entanto, as taxas de desenvolvimento variam consideravelmente entre as nações, sendo possível observar diferenças significativas entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. De acordo com o Banco Mundial (2018), o PIB *per capita* é um indicador fundamental para avaliar o desenvolvimento econômico. Países desenvolvidos, como os Estados Unidos e a Alemanha, possuem PIBs *per capita* superiores a US\$ 50.000. Por outro lado, países subdesenvolvidos, como o Haiti e o Níger, apresentam PIBs *per capita* abaixo de US\$ 1.500.

Os países desenvolvidos costumam dispor de uma infraestrutura sólida, elevados níveis de investimento em capital humano e inovação, além de economias diversificadas e estáveis. Em contraste, os países em desenvolvimento enfrentam desafios estruturais mais acentuados, como restrições orçamentárias, deficiências na infraestrutura básica, baixa qualificação da força de trabalho e instabilidade institucional. Esses fatores limitam a capacidade dessas economias de acelerar seu processo de desenvolvimento e de aproveitar plenamente os benefícios associados à modernização produtiva e tecnológica. (ACEMOGLU, 2012)

Solow (1956) procurou entender as causas que levam os países a apresentarem diferentes taxas de crescimento econômico. Em seu modelo, Solow evidenciou a relevância do progresso tecnológico para o crescimento sustentável a longo prazo, tendo a tecnologia um papel essencial na ampliação da produtividade dos fatores de produção, permitindo que as economias aumentem a oferta de bens e serviços sem a necessidade de expandir seus recursos. Além disso, a inovação tecnológica promove maior eficiência, reduz custos operacionais e fomenta o surgimento de novos mercados e setores econômicos.

Portanto, no modelo de crescimento de longo prazo de Solow (1956), a tecnologia é tratada como um fator que impulsiona o aumento da produtividade total dos fatores (PTF), sendo responsável pelo crescimento econômico sustentável, além da simples acumulação de capital e trabalho. Diante disso, nesse estudo, será explorado se esse conceito de tecnologia, dado por Solow em seu modelo, pode ser relacionado com processo de digitalização que nações tem passado nos últimos anos, mensurada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). As TICs englobam um conjunto de inovações tecnológicas voltadas para o processamento, armazenamento e transmissão de informações, incluindo computadores, internet, *softwares* e redes de telecomunicações.

É perceptível no meio acadêmico que o debate sobre os impactos das tecnologias digitais no desenvolvimento econômico tem ganhado destaque, especialmente no que se refere ao crescimento sustentável das economias emergentes. Pradhan, Mallik e Bagchi (2018) argumentam em seu artigo que a infraestrutura das TICs é um dos principais fatores que impulsionam o crescimento nos países que reconheceram sua importância. Não surpreendentemente, muitas nações em desenvolvimento estão se esforçando para internalizar as TICs, equilibrando a alocação limitada de suas receitas, a fim de alcançar rapidamente as economias desenvolvidas.

No entanto, a real capacidade das TICs de impulsionar o crescimento sustentado da produtividade ainda é uma questão passível de discussão, principalmente em economias menos desenvolvidas, onde desafios estruturais como baixa qualificação da mão de obra, restrições institucionais e dificuldades de acesso à infraestrutura digital podem limitar seus impactos. Gomes, Lopes e Ferreira (2022), em seu estudo sobre o impacto da economia digital no crescimento econômico, entenderam que o efeito da tecnologia

está diretamente relacionado ao grau de desenvolvimento de um país, sugerindo que economias menos desenvolvidas podem enfrentar dificuldades adicionais na implementação eficaz das TICs.

Portanto, dada a crescente relevância dessa discussão no meio acadêmico e o claro avanço do setor das TICs e o seu impacto nas economias mundiais, surge uma questão fundamental: de que forma a digitalização influencia o crescimento econômico nos países? Outras questões relevantes são: Será que a digitalização exerce, de fato, uma influência significativa sobre o crescimento econômico de longo prazo nos países em desenvolvimento, ou seus efeitos se concentram apenas nas economias mais avançadas? Se sim, qual é o grau e o desse impacto? Será que o nível inicial da renda dos países altera o impacto das TICs sobre a produtividade da nação? Se sim, como essa mudança ocorre? Este trabalho buscou investigar essas questões.

O objetivo geral deste estudo foi analisar o impacto da digitalização sobre o crescimento econômico em 130 países desenvolvidos e em desenvolvimento, ao longo do período de 2000 a 2020, utilizando o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* como *proxy* de produtividade.

Os objetivos específicos deste trabalho são investigar se o efeito da digitalização sobre o crescimento econômico varia conforme o nível de desenvolvimento dos países, por meio da análise dos diferentes impactos entre os distintos grupos de renda, partindo da hipótese de que os efeitos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) não são homogêneos entre os países, mas sim condicionados à sua estrutura econômica, institucional e ao grau de maturidade digital; avaliar a influência das diversas dimensões das TICs, como o uso da internet, a expansão da banda larga, e as assinaturas de telefonia móvel e fixa, sobre o desempenho econômico das nações; e propor recomendações de políticas públicas que incentivem o uso estratégico das TICs como ferramenta para promover o crescimento econômico, especialmente em países em desenvolvimento.

Vale destacar, conforme argumentado por Hall e Jones (1999), que as diferenças de produto por trabalhador entre os países refletem, em grande medida, variações na produtividade agregada. Essa constatação justifica o uso do PIB *per capita* como uma *proxy* válida para mensurar a produtividade em análises comparativas internacionais.

Para a análise empírica, será utilizado um modelo econométrico de dados em painel, adequado para explorar variações tanto entre países quanto ao longo do tempo. Será aplicada a metodologia proposta por Hansen (1999), que permite identificar possíveis mudanças na intensidade na relação entre as variáveis explicativas e a variável dependente, a partir de pontos de corte endogenamente estimados.

O efeito da digitalização sobre o crescimento econômico será mensurado por meio de quatro variáveis de interesse: número de assinaturas de telefonia fixa, número de assinaturas de celular móvel, número de assinaturas de banda larga e proporção de indivíduos que utilizam a internet, todas expressas como percentagem da população. O modelo também incluirá variáveis macroeconômicas de controle, de forma a isolar o efeito das TICs sobre o PIB *per capita*.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção dois apresenta a revisão de literatura, abordando os principais estudos que avaliam a relação entre as TICs e o desenvolvimento econômicos das nações; a seção três detalha a base de dados e o método utilizado para a estimação do modelo; a seção quatro resume os principais resultados obtidos e discute suas implicações, levando como base a o que a literatura atual diz sobre o tema; por fim, a seção cinco traz as conclusões e as recomendações para que os formadores de políticas públicas tenham um embasamento para suas decisões que visam o desenvolvimento econômico de longo prazo de seus países.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Explicar as causas e as consequências da infraestrutura das TICs em geral, e o uso de banda larga e internet em particular, tem sido um foco central da literatura empírica recente. Vários são os autores que destacaram a importância da economia digital medida pelas TICs no crescimento econômico dos países e numerosos são os estudos que confirmam uma relação positiva entre a infraestrutura de banda larga e o crescimento econômico. No entanto, estudos empíricos recentes mostraram que alguns países podem ter uma relação negativa entre as TICs e o crescimento econômico, indicando que seu impacto depende do nível inicial de renda dos países analisados. Os principais trabalhos que sustentam essas discussões serão apresentados ao longo desta seção.

Portanto, o debate sobre o impacto das TICs no crescimento econômico ainda é objeto de divergências na literatura atual. Assim, esta seção examinará as principais pesquisas que sustentam essas diferentes perspectivas, apresentando evidências empíricas que reforçam tanto a visão positiva quanto as limitações e desafios associados à adoção das TICs em países subdesenvolvidos.

De início, é importante lembrar que as teorias clássicas dos fatores de produção e a teoria neoclássica do crescimento já mostraram um impacto positivo das TICs no desenvolvimento econômico de um país, destacando que essas tecnologias se traduzem em insumos no lado da oferta econômica e impulsionam o processo de produção, a qualidade da força de trabalho e, conseqüentemente, o crescimento econômico, independentemente do nível inicial de produtividade. (SOLOW, 1956)

Além disso, Papaioannou e Dimelis (2007), ao analisarem um painel de dados composto por 42 países desenvolvidos e em desenvolvimento, no período de 1993 a 2001, constataram um efeito positivo e significativo da utilização das TICs sobre o crescimento da produtividade em ambas as amostras, ainda que o impacto tenha sido mais acentuado nos países desenvolvidos. A mensuração da digitalização no estudo foi realizada a partir do estoque de capital em *hardware*, *software* e equipamentos de comunicação, utilizados como *proxies* para as TICs. A metodologia empregada pelos autores baseou-se na aplicação de uma função de produção do tipo Cobb-Douglas, incorporando diferentes tipos de insumos. Os resultados obtidos indicam que fatores como a liberalização do comércio, a melhoria do capital humano e a adoção de políticas públicas favoráveis potencializam ainda mais o impacto positivo das TICs sobre o crescimento econômico.

Ainda nessa direção, o Banco Mundial (2018) enfatiza que os benefícios econômicos advindos do uso das TICs não se limitam apenas aos indivíduos, mas também se estendem às empresas e aos governos, melhorando processos produtivos e otimizando a qualidade de vida da população, independentemente do nível inicial de desenvolvimento dos países. Entre os principais avanços proporcionados pelo uso dessas tecnologias estão a evolução dos negócios, a ampliação do comércio eletrônico, o fortalecimento das comunicações em áreas remotas e o aumento da acessibilidade a serviços e aplicativos baseados na internet. Além disso, segundo o mesmo relatório, as tecnologias digitais promovem o crescimento econômico, o envolvimento dos cidadãos e a geração de empregos, impulsionando o desenvolvimento e transformando as economias com uma rapidez e escala sem precedentes.

Mais recentemente, David e Grobler (2020) examinaram a relação entre o desempenho das TICs e o crescimento econômico nos países africanos. Para isso, utilizaram uma amostra composta por 46 países da África, no período de 2000 a 2016, adotando uma abordagem de painel-VAR. A mensuração da digitalização foi realizada por meio da criação de um índice composto, construído a partir da análise de componentes principais (PCA),

que agregou três variáveis de penetração: assinaturas de telefonia móvel, assinaturas de telefonia fixa e acesso à internet. Os resultados obtidos indicaram que a penetração das TICs exerce um impacto positivo sobre o crescimento econômico e o desenvolvimento no continente africano, com destaque para o crescimento mais acelerado das telecomunicações móveis em comparação aos demais indicadores. Com base nesses achados, os autores recomendam que sejam realizados investimentos simultâneos tanto na expansão da telefonia fixa quanto no acesso à internet, a fim de maximizar os benefícios econômicos da disseminação das TICs na região.

Por fim, vale ressaltar que há um consenso entre organizações internacionais, como as Nações Unidas e a Comissão Europeia, de que, nos países onde as TICs são usadas em diferentes setores, como indústria, comércio, saúde, educação e transporte, tanto no setor público quanto no privado, a oferta de bens e serviços promove uma melhor qualidade de vida para a população e o desenvolvimento econômico. Assim, as TICs e, particularmente a internet, estão fornecendo uma nova estrutura e enormes oportunidades para o desenvolvimento econômico, político e social dos países. (UNITED NATIONS, 2024)

No entanto, outro grupo de estudos empíricos indica que a relação entre as TICs e o crescimento econômico é negativa, sendo que, essa relação é especialmente vista em países em desenvolvimento. Assim, tem-se autores que argumentam que investimentos mais significativos em TICs geram benefícios econômicos maiores nos países desenvolvidos em detrimento dos países em desenvolvimento.

Freeman e Soete (1997) concluem que as consequências negativas da implementação das TICs ficam especialmente explícitas no mercado de trabalho dos países não desenvolvidos, refletidas no aumento do desemprego de trabalhadores não qualificados. Em uma implementação mais eficaz das TICs, tais trabalhadores permanecem sem funções, reforçando ainda o papel competitivo dos mercados de países desenvolvidos, onde os países em desenvolvimento não têm vantagens competitivas.

Outros autores, em trabalhos empíricos, encontraram relações negativas ou estatisticamente irrelevantes entre as TICs e o crescimento econômico nos países em desenvolvimento, como Dewan e Kraemer (2000) que investigaram a relação entre os investimentos em TICs e o crescimento econômico, com base em uma amostra composta por 36 países, abrangendo o período de 1985 a 1993. A análise empírica foi conduzida a partir de um modelo de regressão baseado em dados agregados por país. A digitalização foi mensurada por meio do estoque de capital em tecnologia da informação, capturando investimentos em *hardware*, *software* e serviços de tecnologia. Os resultados indicaram que, para os países desenvolvidos, os retornos dos investimentos em TICs foram positivos e estatisticamente significativos. No entanto, para os países em desenvolvimento, esses retornos não se mostraram estatisticamente relevantes. Com base nesses achados, os autores sugerem que a ausência de efeitos positivos nos países em desenvolvimento está relacionada a fatores como o baixo investimento em educação, a infraestrutura deficiente e a falta de regulamentação adequada dos mercados, o que impede que essas economias se beneficiem plenamente dos investimentos em tecnologias digitais.

Em outro estudo, Lee, Levendis e Gutierrez (2012) analisaram o efeito das telecomunicações, em especial dos telefones celulares móveis, sobre o crescimento econômico nos países da África Subsaariana. Para isso, utilizaram uma amostra composta por todos os países da região, abrangendo o período de 1980 a 2003, aplicando o estimador do Método Generalizado dos Momentos (GMM) em painel dinâmico. A digitalização foi medida principalmente pela densidade de telefones celulares móveis, utilizada como *proxy* para o avanço das TICs. Os resultados apontaram que, nos países da África Subsaariana classificados como desenvolvidos, a penetração das TICs contribuiu positivamente para o

crescimento econômico, enquanto, nos países em desenvolvimento da mesma região, a relação encontrada foi negativa. Com base nesses resultados, os autores recomendam que os países em desenvolvimento invistam em infraestrutura complementar e em capital humano qualificado, de modo a potencializar os benefícios das telecomunicações móveis sobre o crescimento econômico.

Por fim, Gomes, Lopes e Ferreira (2022) analisaram o impacto da economia digital no crescimento econômico dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Para isso, utilizaram uma amostra de 36 países da OCDE, no período de 2000 a 2019, empregando um modelo de painel dinâmico estimado também pelo método GMM. A mensuração da digitalização foi feita por meio de um índice tecnológico construído a partir das variáveis de penetração da internet, assinaturas de telefonia móvel e assinaturas de banda larga fixa. Os resultados indicaram que o impacto das TICs sobre o crescimento econômico varia conforme o nível de desenvolvimento dos países, sendo que o uso da internet mostrou efeito positivo generalizado, enquanto a telefonia móvel teve impacto positivo apenas nos países mais desenvolvidos e a banda larga fixa apresentou efeito positivo apenas nos países em transição. Com base nesses achados, os autores recomendam a ampliação do acesso à internet de forma equitativa, a criação de políticas públicas que incentivem a inclusão digital e o fortalecimento da infraestrutura física de TICs, especialmente nos países em desenvolvimento, a fim de potencializar os efeitos positivos da economia digital sobre o crescimento econômico.

No entanto, mesmo diante das diferentes visões apresentadas pela literatura atual, vale ressaltar que o desenvolvimento das TICs se mostra ser necessário, por meio de evidências concretas e empíricas, para o crescimento econômico dos países por várias razões. Primeiro, essa tecnologia aumenta a velocidade de transmissão de dados e, dessa forma, mais informações são disseminadas entre os indivíduos. Segundo, as TICs diminuem os custos de produção, pois é possível acessar o conhecimento gerado a um custo mínimo. Além disso, a redução do custo de troca diminui o grau de ineficiência e falta de confiabilidade. Terceiro, as tecnologias da informação superam as limitações de tempo e espaço; como resultado, a transmissão de dados entre compradores e vendedores aumenta e o processo de produção ultrapassa as fronteiras nacionais. Sendo assim, essa tecnologia contribui para que os indivíduos compreendam seu lugar de vantagem competitiva sobre os outros na economia de mercado, o que resulta em um mercado mais amplo e maior acesso à oferta internacional de bens. Quarto, as TIC aumentam a transparência do mercado, seguida por um aumento na demanda individual por fácil acesso aos dados necessários. (QUAH, 2003)

Portanto, um ponto em comum em todos os autores é que as TICs influenciam o desenvolvimento das economias dos países e podem ser usadas como instrumentos pelos formuladores políticos. Assim, os agentes dos países em desenvolvimento, em especial, devem implementar políticas que fortaleçam as infraestruturas físicas e tecnológicas das TICs, o empoderamento digital do capital humano e a maior equidade social no acesso às TICs. Em outras palavras, as instituições de cada país desempenham um papel fundamental na definição das decisões dos *policymakers*, influenciando diretamente a magnitude do impacto dessas tecnologias no desenvolvimento econômico.

3. BASE DE DADOS E METODOLOGIA

Esta seção está organizada em duas partes. A primeira apresenta a descrição da base de dados, detalhando os critérios de seleção da amostra, o período analisado, as fontes utilizadas e as definições das variáveis consideradas neste estudo. A segunda parte trata da estratégia metodológica adotada, abrangendo a estimação dos limiares de renda, o

cálculo das estatísticas descritivas, a construção de gráficos de dispersão e a modelagem econométrica em painel. Nessa etapa, destaca-se a escolha do modelo de efeitos fixos e a utilização do método de Hansen (1999) para a identificação de efeitos de limiar associados ao nível de renda dos países.

3.1 BASE DE DADOS

Para a realização deste estudo, utilizou-se uma base de dados global compilada a partir das informações disponibilizadas pelo Banco Mundial (World Bank), contemplando 130 países no período de 2000 a 2020. A amostra abrange um total de 2.715 observações ao longo dos 21 anos analisados, após a exclusão de 15 registros considerados outliers. Essa base garante uma cobertura ampla e representativa, adequada para a análise dos efeitos da digitalização sobre o crescimento econômico em diferentes contextos de desenvolvimento.

Com base em estudos anteriores que investigaram a relação entre as TICs e o crescimento econômico, este trabalho adota como variável dependente o crescimento econômico, representado pela *proxy* do Produto Interno Bruto *per capita* (VIEIRA; CERETTA, 2024; PRADHAN; MALLIK; BAGCHI, 2018). As variáveis de interesse, que indicam o nível de digitalização dos países, são o número de assinaturas de telefone fixo, o número de assinaturas de celular móvel, o número de assinaturas de banda larga e a proporção da população que utiliza a internet.

Foram também incluídas variáveis macroeconômicas de controle, como o investimento total medido pela formação bruta de capital fixo, o grau de abertura comercial, a força de trabalho, a taxa de inflação e os gastos do governo com bens e serviços. Essas variáveis têm a finalidade de controlar possíveis influências relevantes sobre o crescimento econômico, garantindo maior robustez à análise dos efeitos das TICs.

Como já foi abordado, a variável dependente deste estudo será o PIB real *per capita*, que é definido como o Produto Interno Bruto real total dividido pela população do país, representando uma medida do nível médio de renda por habitante, usado como uma *proxy* para produtividade. (HALL; JONES, 1999)

Entre as variáveis de interesse relacionadas à digitalização, o *Uso da Internet* corresponde à proporção da população que utiliza a internet, sendo expressa como percentual do total de habitantes. Já a variável *Assinaturas de Banda Larga* representa o número de contratos de acesso à internet de alta velocidade, por 100 habitantes. Essa medida contempla tanto conexões de banda larga fixa quanto móvel, refletindo a penetração geral desses serviços na população. A variável *Assinaturas de Telefonia Móvel* corresponde ao número de assinaturas móveis de celular, também por 100 habitantes, incluindo tanto linhas pré-pagas ativas quanto pós-pagas, e abrange serviços que possibilitam comunicação por voz. Por fim, a variável *Assinaturas de Telefonia Fixa* refere-se ao número de linhas fixas ativas, também padronizado por 100 habitantes, indicando o grau de acesso da população a esse tipo de serviço de telecomunicação tradicional. (WORLD BANK)

Sobre as variáveis macroeconômicas utilizadas como controle no modelo, temos, inicialmente, a denominada por *Gastos do Governo*, que corresponde ao consumo do governo em bens e serviços, como porcentagem do PIB. Conforme destacam Blanchard (2011) e Mankiw (2015), os gastos públicos são um componente direto da demanda agregada e exercem efeito estimulador sobre a atividade econômica no curto prazo. Assim, parte-se da premissa de que um aumento nessa variável eleva o PIB *per capita*. Ao alocar recursos em obras, aquisições e programas sociais, o governo aumenta a renda disponível, impulsiona o consumo privado e incentiva a produção, inflando a renda agregada do país.

Já a variável *Inflação* foi medida por meio do Índice de Preços ao Consumidor (*Consumer Price Index – CPI*), indicador que acompanha a variação média dos preços de uma cesta representativa de bens e serviços consumidos pelas famílias em um determinado período. Esse índice reflete o custo de vida da população, sendo amplamente utilizado para monitorar o poder de compra da moeda e a estabilidade dos preços em uma economia. A relação entre o nível geral de preços e desempenho econômico é dúbia, visto que será utilizado o PIB *per capita* real como variável dependente do modelo, ou seja PIB *per capita* nominal ajustado pela inflação. Nesse contexto, uma inflação elevada aumenta, simultaneamente, o numerador e o denominador, tornando o efeito líquido incerto. Assim, o impacto final da inflação sobre o crescimento dependerá da intensidade relativa dessas variações no período analisado. (MANKIW, 2015)

A variável *Força de Trabalho* representa a taxa total de participação da força de trabalho. Essa variável foi construída somando a mão de obra doméstica com a mão de obra estrangeira, refletindo a força de trabalho agregada de cada país, dividindo pela população total. De acordo com o modelo de crescimento de Solow (1956), a força de trabalho é um dos principais fatores de produção, ao lado do capital e da tecnologia. Assim, espera-se que essa variável tenha um impacto positivo sobre o PIB, dado que um maior contingente de trabalho tende a aumentar a capacidade produtiva dos países.

A variável *Abertura Comercial* refere-se ao volume comercial de um país com o exterior, sendo utilizada como *proxy* para o grau de abertura econômica. Essa variável é calculada pela soma das importações e exportações, dividida pelo PIB total. Seguindo os pressupostos adotados por Blanchard (2011), no cálculo da demanda agregada, as exportações são adicionadas como um estímulo à produção interna, enquanto as importações são subtraídas, uma vez que satisfazem a demanda interna por meio da produção estrangeira, podendo gerar efeitos líquidos positivos ou negativos sobre o nível de produto.

A variável *Investimentos* foi medida pela formação bruta de capital fixo, expressa como porcentagem do PIB. Segundo Solow (1956), embora o crescimento sustentado de longo prazo dependa do progresso tecnológico, níveis mais elevados de investimento em capital fixo impulsionam o crescimento da produção e da renda nas fases iniciais do desenvolvimento econômico. Assim, espera-se que a formação bruta de capital fixo tenha um impacto positivo tanto no nível de produto quanto na capacidade produtiva futura das economias.

O Quadro 1 sintetiza as variáveis empregadas na estimativa do modelo, indicando suas respectivas siglas, definições conceituais e procedimentos de construção.

Quadro 1 — Descrição das variáveis

Variável	Sigla	Definição	Construção
Produto Interno Bruto <i>per capita</i>	GPDpc	Valor real total da produção de bens e serviços por habitante.	Logaritmo natural do PIB nominal, dividido pelo nível geral de preços, dividido pela população do país, medido em dólares correntes.
Gastos do Governo	consum	Gasto do governo em bens e serviços como componente da demanda agregada.	Despesa governamental expressa como porcentagem do PIB.

Inflação	LCPI	Variação percentual média dos preços ao consumidor em determinado período.	Logaritmo natural do Índice de Preços ao Consumidor (IPC), expresso em porcentagem.
Força de Trabalho	Labor	Representa a proporção da população economicamente ativa em relação à população total.	Soma da força de trabalho doméstica e estrangeira, expressa como taxa de participação total no mercado de trabalho.
Abertura Comercial	TO	Grau de integração de um país com o comércio internacional.	Soma das exportações e importações, expressa como porcentagem do PIB.
Investimentos	GFCF	Medida dos recursos destinados à ampliação da capacidade produtiva.	Formação bruta de capital fixo, expressa como porcentagem do PIB.
Uso da Internet	IU	Proporção da população que utiliza a internet.	Número de usuários de internet como percentual da população total.
Assinaturas de Banda Larga	BBS	Indicador do número de assinaturas banda larga em uma população.	Número total de assinaturas de banda larga por 100 habitantes.
Assinaturas de Telefonia Móvel	MPS	Indicador de acesso a serviços móveis de comunicação por voz.	Número total de assinaturas de telefonia móvel por 100 habitantes.
Assinaturas de Telefonia Fixa	FPS	Medida do acesso a linhas fixas de telefonia em uma população.	Número total de assinaturas de telefone fixo por 100 habitantes.

Fonte: Elaboração própria.

Vale deixar claro que, apesar das variáveis *Gastos do Governo*, *Abertura Comercial* e *Investimentos* serem construídas pela razão entre seus respectivos volumes e o PIB, o que poderia, em princípio, gerar uma correlação mecânica com a variável dependente do modelo, esta prática é amplamente aceita na literatura de crescimento econômico. Modelos clássicos como o de Barro (1991) empregam variáveis normalizadas pelo PIB para capturar seus impactos sobre o desempenho econômico, reconhecendo que a divisão pelo PIB visa ajustar o volume de cada variável ao tamanho da economia e permitir comparações adequadas entre diferentes países. Dessa forma, embora se reconheça a existência de um potencial viés estrutural, a utilização dessa medida é considerada apropriada para os fins deste estudo.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Etapas Preliminares

3.2.1 Identificação dos Limiares de Renda

Inicialmente, é necessário realizar testes F sequenciais para verificar a existência e a quantidade ótima de limiares no modelo. Essa etapa é parte fundamental da metodologia proposta por Hansen (1999), pois permite avaliar se a introdução de descontinuidades na relação entre as variáveis explicativas e a variável dependente resulta em uma melhora estatisticamente significativa no ajuste do modelo. (VIEIRA; CERETTA, 2024)

No presente estudo, assim como em Vieira e Ceretta (2024), foram comparados modelos com 0, 1, 2 e 3 limiares por meio de testes F, a fim de determinar se a inclusão de novos limiares melhora de forma significativa a explicação da variabilidade do PIB *per capita* (logaritmizado) na amostra. Contudo, cabe reconhecer uma limitação: o teto de três limiares foi definido de maneira arbitrária, com o objetivo de prevenir a formação de grupos muito pequenos e evitar testes em excesso. Essa escolha manteve o modelo mais enxuto, mas pode ter restringido a identificação de cortes adicionais potencialmente relevantes.

A partir da definição da quantidade ótima de limiares, procedeu-se à segmentação endógena da amostra, em linha com a abordagem adotada por Vieira e Ceretta (2024), com o objetivo de identificar os pontos de corte ideais da variável PIB *per capita*. Esse procedimento permite avaliar se o impacto da digitalização sobre o crescimento econômico é condicionado ao estágio de desenvolvimento dos países.

Para isso, foi empregado um algoritmo que testou uma ampla gama de valores potenciais de PIB *per capita* como candidatos a limiares, evitando o uso de critérios arbitrários ou classificações externas, como aquelas propostas pelo Banco Mundial. O método percorreu a distribuição da variável limiar e, para cada ponto, calculou a soma dos quadrados dos resíduos (SQR) resultante da estimação do modelo com aquele corte específico. Ao possibilitar a definição dos grupos de renda com base nos próprios dados da amostra, o modelo contribui para uma identificação mais precisa das heterogeneidades estruturais e aumenta a robustez e a validade empírica das inferências geradas.

3.2.1.2 Estatísticas Descritivas

Com os valores de PIB *per capita* definidos como limiares para segmentação da amostra, torna-se essencial calcular as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo. Essa etapa preliminar tem como objetivo compreender o comportamento geral dos dados antes da aplicação dos modelos econométricos, possibilitando a identificação de padrões relevantes, a detecção de possíveis distorções ou problemas de escala e, consequentemente, assegurando maior robustez à análise empírica.

As estatísticas descritivas consideradas incluem a média e o desvio padrão de cada variável. Esses indicadores foram calculados separadamente para cada grupo de países, de acordo com os limiares de renda estimados endogenamente, permitindo uma análise comparativa mais precisa entre diferentes estágios de desenvolvimento econômico.

3.2.1.3 Gráficos de Dispersão

Além do cálculo das estatísticas descritivas, a construção de gráficos exploratórios iniciais constitui uma etapa fundamental da análise empírica, pois permite visualizar o comportamento das variáveis de interesse em relação à variável dependente. Por isso, para antecipar possíveis variações na intensidade do impacto das TICs sobre o crescimento econômico em função do nível de desenvolvimento dos países, foram elaborados

gráficos de dispersão segmentados por grupo de renda entre os países, baseada na divisão encontrada endogeneamente pelo modelo desse estudo, assim como foi feito nas estatísticas descritivas.

Em cada gráfico, foram incluídas linhas de tendência ajustadas por meio da técnica de suavização LOESS (Locally Estimated Scatterplot Smoothing, em tradução livre: “Suavização Local de Gráfico de Dispersão”), separadas conforme as categorias de renda dos países. Essa abordagem permite visualizar com maior precisão como o efeito das variáveis de digitalização sobre o PIB per capita se manifesta em diferentes níveis de desenvolvimento. As curvas estimadas possibilitam não apenas identificar o sentido da relação entre as variáveis de TICs e o desempenho econômico (positivo ou negativo), mas também compreender a natureza dessa relação. Essa abordagem não paramétrica permite captar variações locais e padrões não lineares entre as variáveis, o que seria perdido em modelos lineares tradicionais. A escolha do loess se justifica pela flexibilidade em representar de forma mais fiel a heterogeneidade dos dados dentro de cada faixa de renda, sem impor uma forma funcional rígida à relação analisada^[1].

3.2.2 Modelo Econométrico

Com o objetivo de explorar todas essas vantagens analíticas, obter estimativas mais precisas e robustas e, sobretudo, acomodar a heterogeneidade presente nos dados, este estudo utilizou um modelo econométrico de dados em painel com efeitos fixos, fundamentado na abordagem de Hansen (1999) e adaptada para múltiplos limiares (*Multiple Threshold Models*). Essa metodologia permite estimar de maneira endógena o ponto de corte a partir do qual o efeito das variáveis utilizadas como *proxy* de digitalização sobre o crescimento econômico passa a se comportar de forma distinta, refletindo possíveis mudanças nas intensidades das relações entre as variáveis explicativas e o PIB *per capita*.

Portanto, seguindo essa metodologia, o modelo teórico que será utilizado nesse estudo é dado pela Equação 1.

$$\begin{aligned} \log(\text{PIBpc}_{it}) = & (\beta_0 + \beta_1 \text{IU}_{it} + \beta_2 \text{BBS}_{it} + \beta_3 \text{MPS}_{it} + \beta_4 \text{FPS}_{it} + \beta_5 \text{Z}_{it} \\ & + X_{it} \beta_6 \cdot I(\text{PIBpc} \leq L_1) \\ & + X_{it} \beta_7 \cdot I(L_1 < \text{PIBpc} \leq L_2) \\ & + X_{it} \beta_8 \cdot I(L_2 < \text{PIBpc} \leq L_3) \\ & + X_{it} \beta_9 \cdot I(\text{PIBpc} > L_3) \\ & + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

Onde, i é o indicador para os países e t representa os anos;

- β_0 : termo constante (intercepto) da regressão. Representa o valor esperado de $\log(\text{PIBpc}_{it})$ quando todas as variáveis explicativas são nulas;
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$: coeficientes associados às variáveis explicativas;
- Z_{it} : vetor das variáveis macroeconômicas de controle, que inclui inflação, investimento (formação bruta de capital fixo), consumo do governo, abertura comercial e força de trabalho;
- $(X_{it})\beta_6, (X_{it})\beta_7, (X_{it})\beta_8$ e $(X_{it})\beta_9$: vetores de coeficientes específicos para cada regime de renda. Eles são aplicados ao mesmo conjunto de variáveis X_{it} , mas seu valor varia conforme o país i pertença a uma faixa diferente de

[1] Para uma exposição detalhada sobre a técnica de suavização LOESS e outros métodos não paramétricos aplicados à análise de dados, ver: FAN; GIJBELS (1996)

- PIB *per capita*;
- $I(\cdot)$: Função indicadora, que assume valor 1 quando a condição especificada é verdadeira e 0 caso contrário. Serve para ativar os efeitos regime-específicos dependendo do valor do PIBpc;
- L_1, L_2, L_3 e L_4 : Limiares de PIBpc estimados endogenamente pelo modelo; ε_{it} : termo de erro aleatório, que captura fatores não observáveis que afetam o PIB *per capita*.

4. RESULTADOS

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos a partir da análise empírica, conduzida conforme a metodologia previamente delineada. Inicialmente, são expostos os resultados dos testes F, que permitiram determinar a quantidade ótima de limiares no modelo. Em seguida, são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis, segmentadas por nível de renda, bem como a análise gráfica da relação entre as variáveis de interesse e o PIB per capita. Por fim, é realizada a estimação do modelo econométrico principal, cujos resultados sustentam a discussão central do estudo.

4.1 RESULTADOS PRELIMINARES

4.1.1 Identificação dos Limiares de Renda

Inicialmente, foram comparados modelos com 0, 1, 2 e 3 limiares utilizando testes F. Cada teste, seus respectivos resultados e interpretações se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 — Testes F para Determinação do Número Ótimo de Limiares no Modelo

Teste	Hipótese	F-Estatística	p-valor	Interpretação
0 limiar vs 1 limiar	H_0 : Não há limiares (modelo linear) vs H_1 : Existe 1 limiar	61,56	$6,20 \times 10^{-103}$	Rejeita $H_0 \rightarrow$ Justifica 1 limiar
1 limiar vs 2 limiares	H_0 : Existe 1 limiar vs H_1 : Existem 2 limiares	51,05	$7,42 \times 10^{-86}$	Rejeita $H_0 \rightarrow$ Justifica 2 limiares
2 limiares vs 3 limiares	H_0 : Existem 2 limiares vs H_1 : Existem 3 limiares	14,17	$1,43 \times 10^{-22}$	Rejeita $H_0 \rightarrow$ Justifica 3 limiares

Fonte: Elaboração própria.

Com base nos testes sequenciais realizados por meio da estatística F, os resultados da Tabela 1 confirmam de maneira consistente a presença de três limiares significativos para a segmentação da amostra em função do PIB per capita. Todos os p-valores são muito inferiores ao nível de significância convencional de 5%, o que demonstra que a introdução de novos limiares contribui significativamente para a melhora do ajuste do modelo.

Portanto, os testes justificam estatisticamente a segmentação da amostra em quatro grupos de renda, permitindo capturar de forma mais precisa a heterogeneidade do impacto da digitalização sobre o crescimento econômico entre diferentes níveis de desenvolvimento.

Assim, considerando que a amostra foi segmentada em quatro faixas distintas, com base nos limiares endogenamente estimados pelo modelo, a divisão resultou nos seguintes

grupos: países de baixa renda ($\text{PIBpc} \leq \text{US\$ } 1.898,44$), renda média-baixa ($\text{US\$ } 1.898,44 < \text{PIBpc} \leq \text{US\$ } 7.890,84$), renda média-alta ($\text{US\$ } 7.890,84 < \text{PIBpc} \leq \text{US\$ } 32.705,43$) e alta renda ($\text{PIBpc} > \text{US\$ } 32.705,43$). Essa segmentação permite uma análise comparativa mais precisa do comportamento das variáveis entre diferentes estágios de desenvolvimento econômico. A relação completa dos 130 países que compõem a amostra, distribuídos conforme os grupos de renda definidos para o ano de 2020, está disponível para consulta no Anexo A.

4.1.2 Estatísticas Descritivas

Seguindo a metodologia proposta, a próxima etapa consistiu no cálculo das estatísticas descritivas das variáveis, realizadas separadamente para cada grupo de renda. Essa abordagem possibilita uma melhor visualização das diferenças estruturais entre os países em distintos níveis de desenvolvimento. As estatísticas descritivas da amostra estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 — Estatísticas Descritivas (continua)

Variável	Média (Países Baixa Renda)	Desvio Padrão (Países Baixa Renda)	Média (Países Média- Baixa Renda)	Desvio Padrão (Países Média- Baixa Renda)	Média (Países Média- Alta Renda)	Desvio Padrão (Países Média- Alta Renda)	Média (Países Alta Renda)	Desvio Padrão (Países Alta Renda)
PIB per capita (US\$)	868,8	468,0	4.275,4	1.594,0	17.809,9	7.186,5	52.861,5	18.025,6
Gastos do Governo (%PIB)	0,1815	0,0903	0,2662	0,1518	0,3232	0,1211	0,3162	0,1021
Inflação (%)	4,4667	0,5360	4,6311	0,3676	4,6271	0,2052	4,6284	0,1101
Força de Trabalho (%)	1,3728	0,2537	1,1677	0,1932	1,1826	0,1153	1,2717	0,1114
Abertura Comercial (%PIB)	0,6921	0,3209	0,8106	0,3209	1,0188	0,6267	1,1552	0,9037
Investimentos (%PIB)	0,2406	0,0907	0,2505	0,0767	0,2396	0,0566	0,2548	0,0667
Uso da Internet (%)	0,0718	0,0970	0,3128	0,2167	0,5617	0,2236	0,7450	0,1745
Assinaturas	0,0315	0,1360	0,0630	0,0761	0,1586	0,1094	0,2510	0,1188

de Banda Larga (%) Assinaturas de Telefonia Móvel (%)	0,3757	0,3772	0,8468	0,4230	1,1082	0,3459	1,0981	0,3607
Assinaturas de Telefonia Fixa (%)	0,0367	0,0556	0,1513	0,0985	0,3163	0,1545	0,4652	0,1607

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos resultados das estatísticas descritivas, é possível observar alguns pontos relevantes. O primeiro deles diz respeito a um problema de escala entre o PIB per capita e as variáveis de interesse, o que justifica a aplicação do logaritmo natural sobre os valores do PIB per capita para a estimação do modelo.

O segundo ponto diz respeito uma expressiva desigualdade no nível de PIB per capita entre os países da amostra. Enquanto os países de alta renda registram média próxima a 53 mil dólares, os de baixa renda não ultrapassam 900 dólares. Essas fortes diferenças reforçam a necessidade da segmentação da amostra em faixas de renda distintas, como proposto neste estudo, de forma a captar adequadamente as diferenças estruturais que influenciam o impacto das TICs sobre o crescimento econômico.

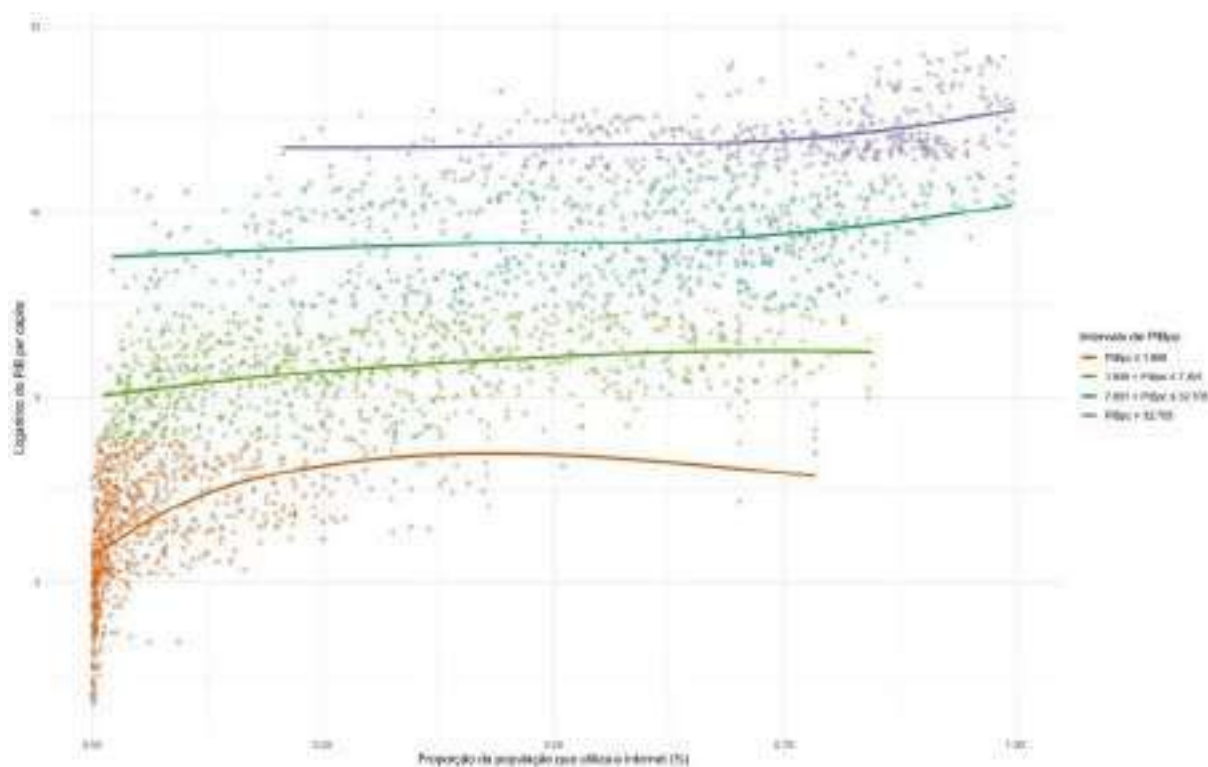
O terceiro ponto refere-se ao acesso significativamente inferior à internet, à banda larga fixa e à telefonia móvel nos países de baixa renda, em comparação aos países mais desenvolvidos. As estatísticas descritivas mostram que, enquanto o uso da internet ultrapassa 74% da população nos países de alta renda, nos países de baixa renda esse percentual é inferior a 8%. Situação semelhante é observada nas assinaturas de banda larga e de telefonia móvel. Essa limitação estrutural reforça a hipótese de que, como amplamente discutido na literatura, o impacto das TICs sobre o crescimento econômico nesses países poderá ser menos expressivo, já que a baixa penetração tecnológica reduz o potencial de ganhos de produtividade e limita o efeito transformador da digitalização sobre o desenvolvimento econômico, especialmente em países que ainda não alcançaram níveis mínimos de infraestrutura tecnológica.

Por fim, cabe destacar um aspecto não exibido na Tabela 2: a distribuição equilibrada das observações entre os grupos definidos pela segmentação da amostra. A segmentação gerou 766 casos para países de baixa renda, 837 para renda média-baixa, 674 para renda média-alta e 438 para alta renda. Essa configuração evita tanto a superconcentração de dados em um único grupo quanto a formação de subgrupos com número insuficiente de observações, o que contribui para a robustez estatística do modelo e aumenta a confiabilidade das inferências obtidas.

4.1.3 Gráficos de Dispersão

Conforme explicitado pela metodologia, foram elaborados gráficos de dispersão segmentados pelos grupos de renda endogenamente determinados pelo modelo, com o objetivo de antecipar possíveis variações na intensidade do impacto das TICs sobre o crescimento econômico em função do nível de desenvolvimento dos países. O gráfico que relaciona PIB *per capita* e *Uso da Internet* por nível de renda pode ser encontrado na imagem intitulada como Gráfico 1.

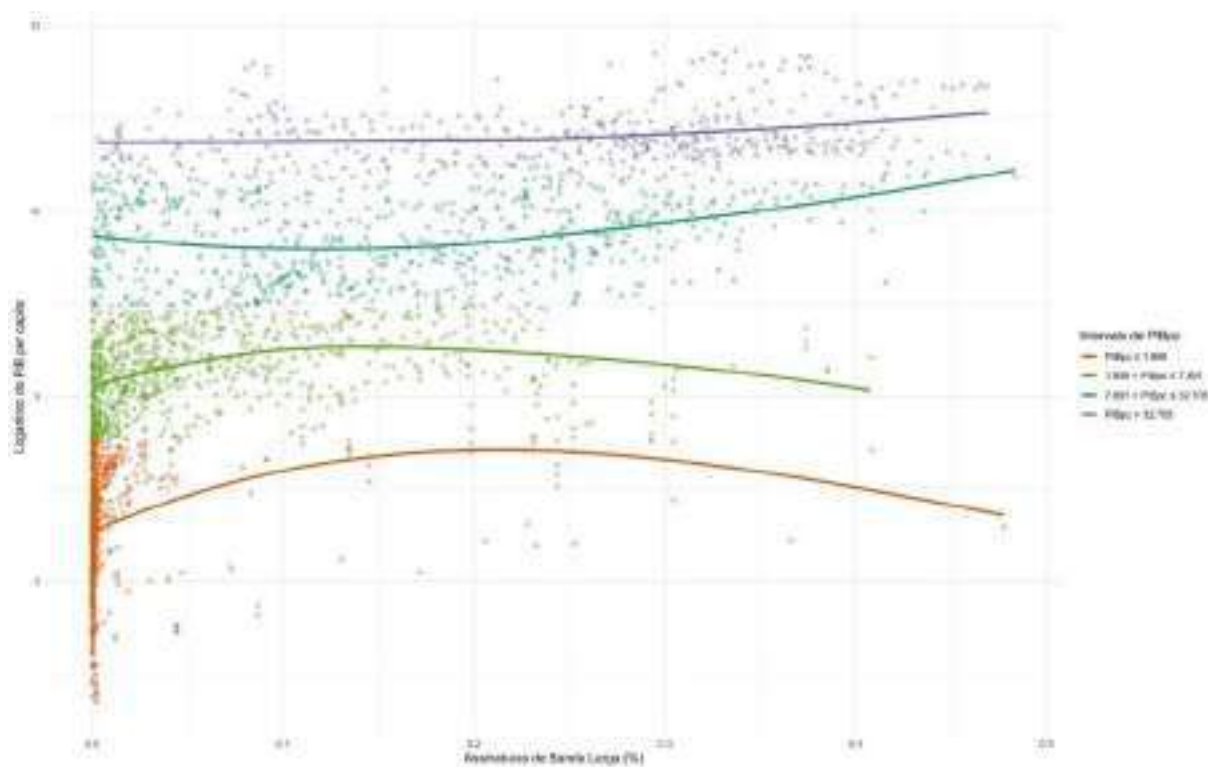
Gráfico 1 — PIB per capita vs Uso da Internet por nível de renda



Fonte: Elaboração própria.

O gráfico que relaciona PIB per capita e Assinaturas de Banda Larga por nível de renda pode ser encontrado na imagem intitulada como Gráfico 2.

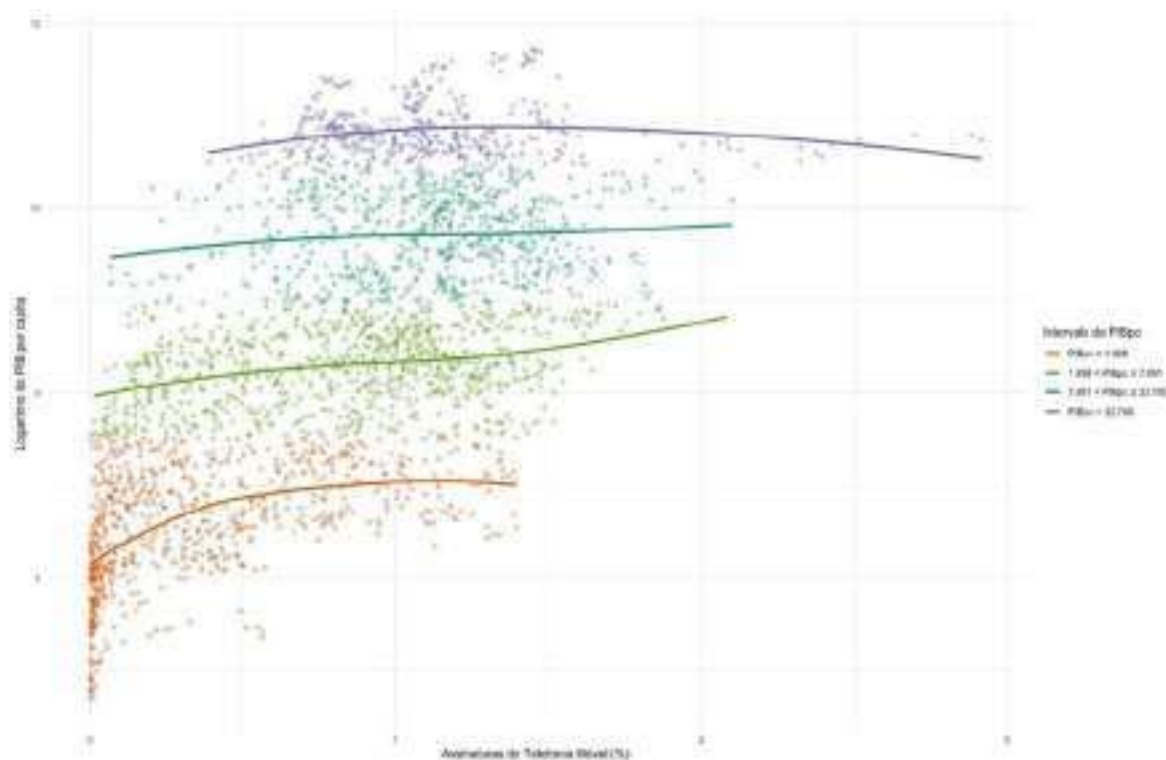
Gráfico 2 — PIB per capita vs Assinaturas de Banda Larga por nível de renda



Elaboração própria.

O gráfico que relaciona PIB *per capita* e *Assinaturas de Telefonia Móvel* por nível de renda pode ser encontrado na imagem intitulada como Gráfico 3.

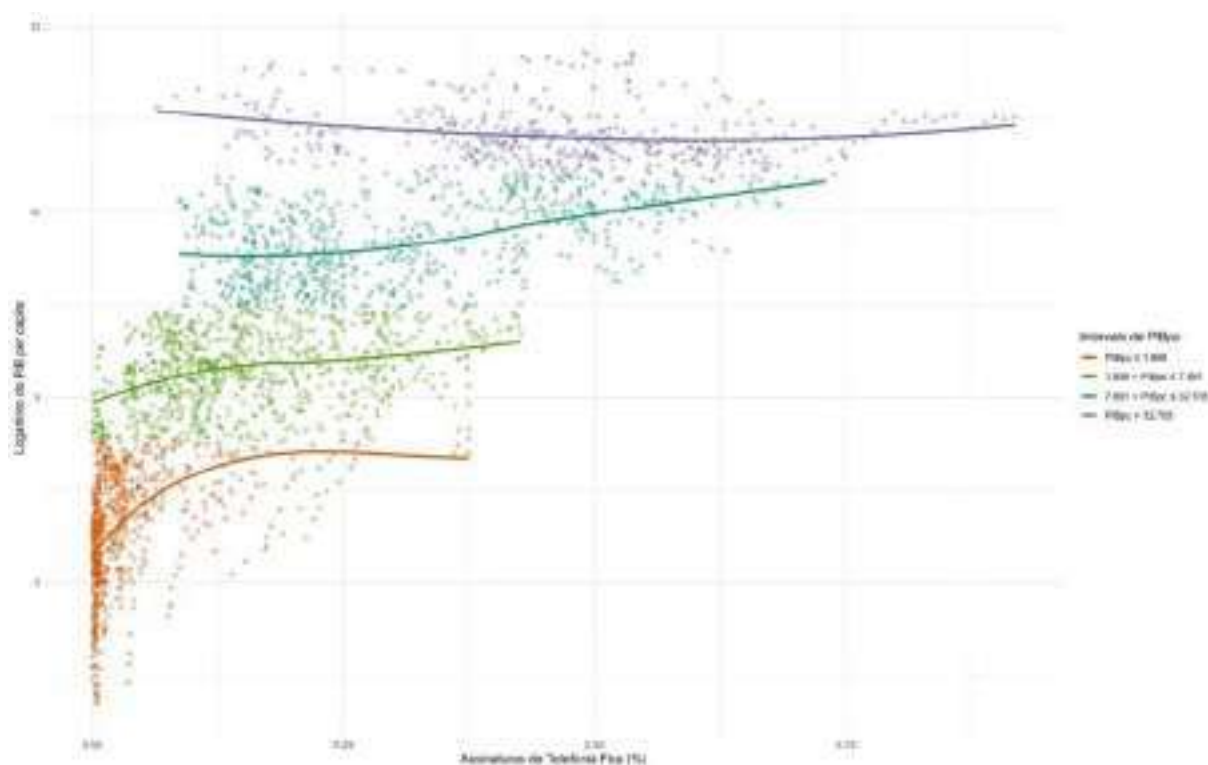
Gráfico 3 — PIB per capita vs Assinaturas de Telefonia Móvel por nível de renda



Elaboração própria.

Por fim, o gráfico que relaciona PIB *per capita* e *Assinaturas de Telefonia Fixa* por nível de renda pode ser encontrado na imagem intitulada como Gráfico 4.

Gráfico 4 — PIB per capita vs Assinaturas de Telefonia Fixa por nível de renda



Elaboração própria.

A análise dos gráficos com linhas de tendência segmentadas por nível de renda revela importantes indícios sobre a heterogeneidade do impacto das variáveis relacionadas à digitalização sobre o PIB *per capita*. No caso do uso da internet (Gráfico 1), observa-se uma relação positiva relativamente homogênea entre os grupos, com exceção dos países de baixa renda, onde há uma leve inclinação negativa, sugerindo possíveis barreiras estruturais à conversão do acesso digital em crescimento econômico. Quanto às assinaturas de banda larga (Gráfico 2), o impacto é claramente positivo nos países de alta e média-alta renda, mas se inverte nos países de média-baixa e baixa renda, onde a relação se mostra negativa. A telefonia móvel (Gráfico 3), por sua vez, apresentou um comportamento mais uniforme entre os grupos, com impacto positivo em todos os níveis de renda, embora com maior inclinação nos países de baixa renda e uma leve perda de intensidade nos países mais ricos. Já para a telefonia fixa (Gráfico 4), a inclinação da linha de tendência é mais acentuada nos países de baixa, média-baixa e média-alta renda, enquanto nos países de alta renda a relação tende a ser neutra ou ligeiramente negativa, o que reforça a hipótese de obsolescência progressiva dessa tecnologia em contextos mais avançados.

Esses resultados reforçam a hipótese de que o impacto das TICs sobre o crescimento econômico não é homogêneo entre os países, e varia de acordo com o nível de desenvolvimento, o que justifica a adoção das abordagens metodológicas apresentadas, que permitem captar essa heterogeneidade.

4.2 RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO

Inicialmente, conforme descrito na Seção 3.2 – Metodologia, foram estimados endogeneamente três limiares ótimos de PIB *per capita*, resultando nos valores de US\$ 1.898,44, US\$ 7.890,84 e US\$ 32.705,43. Portanto, o modelo final, que foi estimado nesse estudo está descrito formalmente pela Equação 2.

$$\begin{aligned}
\log(\text{PIBpc}_{it}) = & (\beta_0 + \beta_1 I_{it} + \beta_2 B_{it} + \beta_3 M_{it} + \beta_4 F_{it} + \beta_5 Z_{it} \\
& + X_{it} \beta_6 \cdot I(\text{PIBpc} \leq 1.898,44) \\
& + X_{it} \beta_7 \cdot I(1.898,44 < \text{PIBpc} \leq 7.890,84) \\
& + X_{it} \beta_8 \cdot I(7.890,84 < \text{PIBpc} \leq 32.705,43) \\
& + X_{it} \beta_9 \cdot I(\text{PIBpc} > 32.705,43) \\
& + \varepsilon_{it}
\end{aligned}
\tag{2}$$

Em seguida, procedeu-se à estimação do modelo de dados em painel com efeitos fixos, utilizando a metodologia proposta por Hansen (1999), adaptada para acomodar múltiplos limiares. Com os três pontos de corte identificados, a amostra foi dividida em quatro grupos: países de baixa renda, renda média-baixa, renda média-alta e alta renda. Os resultados obtidos a partir dessa estimação estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 — Resultados da Estimação

Variável	Regime	Coefficiente	Erro Padrão	t-valor	p-valor
Gastos do Governo	1	0,0150	0,4486	0,0334	0,9734
Gastos do Governo	2	0,0731	0,1815	0,4031	0,6869
Gastos do Governo	3	0,1622	0,1992	0,8142	0,4156
Gastos do Governo	4	-0,3053	0,1824	-1,6739	0,0943 *
Inflação	1	0,2316	0,0604	3,8362	0,0001 ****
Inflação	2	0,0245	0,0504	0,4871	0,6262
Inflação	3	0,0627	0,0644	0,9743	0,3300
Inflação	4	0,1559	0,0817	1,9084	0,0565 *
Força de Trabalho	1	0,2898	0,4326	0,6698	0,5030
Força de Trabalho	2	0,0132	0,2587	0,0509	0,9594
Força de Trabalho	3	0,3362	0,2659	1,2647	0,2061
Força de Trabalho	4	0,7433	0,2733	2,7195	0,0066 ***
Abertura Comercial	1	0,3060	0,0908	3,3715	0,0008 ****
Abertura Comercial	2	-0,0225	0,0714	-0,3144	0,7533
Abertura Comercial	3	0,0374	0,0716	0,5221	0,6017
Abertura Comercial	4	0,0726	0,0639	1,1366	0,2558

Investimentos	1	0,0714	0,2970	0,2405	0,8099
Investimentos	2	0,8739	0,2343	3,7294	0,0002 ****
Investimentos	3	0,7160	0,2056	3,4817	0,0005 ****
Investimentos	4	0,5503	0,4255	1,2935	0,1960
Uso da Internet	1	-0,7744	0,2556	-3,0303	0,0025 ***
Uso da Internet	2	0,2540	0,1091	2,3281	0,0200 **
Uso da Internet	3	0,1940	0,1192	1,6279	0,1037
Uso da Internet	4	0,3151	0,1440	2,1890	0,0287 **
Assinaturas de Banda Larga	1	-0,1768	0,3396	-0,5206	0,6027
Assinaturas de Banda Larga	2	0,1681	0,1921	0,8750	0,3816
Assinaturas de Banda Larga	3	0,7928	0,2520	3,1463	0,0017 ***
Assinaturas de Banda Larga	4	0,7536	0,2712	2,7787	0,0055 ***
Assinaturas de Telefonia Móvel	1	0,4121	0,1644	2,5074	0,0122 **
Assinaturas de Telefonia Móvel	2	0,7459	0,1242	6,0079	2,15e-09 ****
Assinaturas de Telefonia Móvel	3	0,8046	0,1098	7,3274	3,13e-13 ****
Assinaturas de Telefonia Móvel	4	0,3289	0,0694	4,7383	< 2,2e-16 ****
Assinaturas de Telefonia Fixa	1	0,7234	0,4325	1,6726	0,0945 *
Assinaturas de Telefonia Fixa	2	0,5047	0,2522	2,0011	0,0455 **
Assinaturas de Telefonia Fixa	3	0,5189	0,5780	0,8978	0,3694
Assinaturas de Telefonia Fixa	4	0,1983	0,1405	1,4119	0,1581

Fonte: Elaboração própria.

Os principais indicadores de ajuste do modelo estimado são apresentados na Tabela 4, permitindo avaliar a qualidade geral da regressão e a significância estatística conjunta das variáveis explicativas.

Tabela 4 — Indicadores de Ajuste do Modelo

Estatística	Resultado
R^2	0,8184
R^2 Ajustado	0,8067
F-Estatística	157,985
p-valor da F-Estatística	< 2,22e-16

Fonte: Elaboração própria.

Os regimes descritos na Tabela 3, 1, 2, 3 e 4, correspondem, respectivamente, aos quatro grupos de países definidos endogenamente pelo modelo, com base no valor do PIB *per capita* em dólares. O grupo 1 representa os países de baixa renda ($PIBpc \leq US\$ 1.898,44$), 2 inclui os países de renda média baixa ($US\$ 1.898,44 < PIBpc \leq US\$ 7.890,84$), 3 abrange os países de renda média alta ($US\$ 7.890,84 < PIBpc \leq US\$ 32.705,43$) e 4 compreende os países de alta renda ($PIBpc > US\$ 32.705,43$). Cada regime está associado às interações entre as variáveis explicativas e o respectivo grupo de renda, permitindo que o modelo capture variações na intensidade dos impactos conforme o nível de desenvolvimento econômico.

Os asteriscos que acompanham os valores estimados, na coluna de p-valor da Tabela 3, indicam os níveis de significância estatística adotados, seguindo convenções amplamente aceitas na literatura econométrica. Especificamente: * denota significância a 10% (p-valor < 0,10), ** a 5% (p-valor < 0,05), *** a 1% (p-valor < 0,01) e **** a 0,1% (p-valor < 0,001). Esses marcadores auxiliam na interpretação da robustez estatística dos coeficientes estimados.

Já as estatísticas de ajuste global do modelo, presentes na Tabela 4, indicam sua robustez. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,8184, sinalizando que cerca de 81,84% da variação do logaritmo do PIB *per capita* é explicada pelas variáveis independentes. O R^2 ajustado, de 0,8067, corrige o R^2 bruto pelo número de variáveis incluídas, evitando superestimação da qualidade do ajuste. Já a estatística F foi de 157,985, com p-valor inferior a 0,01, permitindo rejeitar a hipótese nula de que todos os coeficientes são simultaneamente nulos. Assim, confirma-se que o modelo é globalmente significativo para a amostra analisada. (GUJARATI; PORTER, 2011)

Inicialmente, sobre as variáveis controle temos que, ao analisar a variável *Gastos do Governo*, observa-se que ela não apresentou significância estatística nos três primeiros regimes de renda (p-valores superiores a 0,40), sendo apenas marginalmente significativa no Regime 4, que corresponde aos países de alta renda. Nesse grupo, o coeficiente estimado foi de -0,3053 (significativo a 10%, p-valor = 0,0943), sugerindo um possível efeito negativo dos gastos públicos sobre o crescimento econômico.

Esse resultado pode refletir a presença do efeito *crowding out*, fenômeno no qual o aumento dos gastos governamentais eleva a demanda por recursos e, ao competir com o setor privado por financiamento, acaba reduzindo o nível de investimento privado e, consequentemente, a eficiência na alocação de recursos na economia (Blanchard, 2011). Além disso, esse resultado dialoga com o modelo de Solow (1956), que reconhece a importância da acumulação de capital, incluindo o capital público, para o crescimento econômico.

Já a variável *Inflação* apresentou significância estatística apenas no Regime 1 (países baixa renda), com coeficiente de 0,2316 (significativo a 0,1%, p-valor = 0,0001), e leve significância no Regime 4 (países alta renda), com coeficiente igual a 0,1559 (significativo a 10%, p-valor = 0,0565).

Esse resultado positivo pode ser explicado pelo fato de que, em países de baixa renda, o impacto da inflação sobre o PIB nominal (numerador) tende a ser mais expressivo do que seu efeito redutor sobre o índice de preços (denominador), resultando em um PIB real maior. Tal fenômeno está frequentemente associado à forte presença do Estado na economia, característica comum a economias em desenvolvimento, onde governos utilizam políticas inflacionárias de maneira estratégica para financiar déficits públicos e estimular a atividade econômica no curto prazo.

De acordo com Tanzi (1989), em países com fraca capacidade institucional, a inflação frequentemente desempenha o papel de um “imposto implícito”, utilizado por governos para suprir a baixa arrecadação e expandir gastos públicos. Assim, nesse contextos, esse tipo de política pode impulsionar o PIB nominal, superando os efeitos de redução provocados pela corrosão do poder de compra.

Em relação à variável *Força de Trabalho*, os resultados indicam que apenas no grupo de alta renda (Regime 4) essa variável apresentou impacto estatisticamente significativo, com um coeficiente de 0,7433 e p-valor de 0,0066, sendo significativo ao nível significância de 1%. Esse efeito positivo está associado à maior qualificação e produtividade da força de trabalho nos países desenvolvidos, onde o crescimento da participação no mercado de trabalho tende a refletir a incorporação de capital humano mais avançado. Essa interpretação está alinhada com o modelo de Solow (1956), que enfatiza o papel entre o capital humano, como determinante positivo da produtividade.

A variável *Abertura Comercial* apresentou significância estatística apenas no Regime 1, correspondente aos países de menor renda, com um coeficiente estimado de 0,3060 (significativo a 0,1%, p-valor = 0,0008). Esse resultado indica que, nesses países, a maior integração ao comércio internacional está positivamente associada ao crescimento econômico. Esse efeito pode ser atribuído ao fato de que a abertura ao mercado externo representa uma importante via de acesso a tecnologia, capital e ganhos de escala, que muitas vezes não estão disponíveis internamente. Essa evidência empírica está em linha com a perspectiva apresentada por Mankiw (2015), segundo a qual economias mais abertas, caracterizadas por maior fluxo de exportações e importações, tendem a apresentar maior dinamismo produtivo e crescimento econômico sustentado, especialmente quando partem de um patamar mais restrito de integração global.

Por fim, a variável *Investimentos*, representada pela formação bruta de capital fixo como proporção do PIB, apresentou impacto positivo e estatisticamente significativo nos Regimes 2 e 3, com coeficientes de 0,8739 (significativo a 0,1%, p-valor = 0,0002) e 0,7160 (significativo a 0,1%, p-valor = 0,0005), respectivamente. Esses resultados indicam que, nos estágios intermediários de desenvolvimento, o investimento em capital fixo é especialmente eficaz na promoção do crescimento econômico. Esse padrão está em consonância com os modelos teóricos de crescimento de Solow (1956) e Barro (1991), que destacam a importância da acumulação de capital produtivo como motor de expansão da produtividade e da renda *per capita*.

Partindo para a análise das variáveis de interesse, é possível perceber que a variável *Uso da Internet* apresentou impacto positivo e estatisticamente significativo em três dos quatro regimes. No Regime 1 (países de baixa renda), o coeficiente foi -0,7744 (significativo a 1%, p-valor = 0,0025); no Regime 2 (renda média-baixa), o coeficiente foi 0,2540 (significativo a 5%, p-valor = 0,0200); e no Regime 4 (alta renda), o coeficiente foi 0,3151 (significativo

a 5%, p-valor = 0,0287). Observa-se, portanto, uma tendência crescente na magnitude positiva do impacto à medida que o nível de desenvolvimento dos países aumenta.

O sinal negativo no primeiro grupo reflete um efeito de desalinhamento entre acesso a internet e aumento de produtividade. Em países muito pobres, o acesso à internet, muitas vezes, ainda não está adequadamente acompanhado de infraestrutura, capital humano ou estrutura institucional capazes de converter o acesso digital em crescimento econômico efetivo. (LEE; LEVENDIS; GUTIERREZ 2012).

Além disso, como destacam Freeman e Soete (1997), a adoção das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) em contextos menos desenvolvidos tende a deslocar trabalhadores não qualificados, especialmente em setores tradicionais, aumentando o desemprego estrutural e intensificando as desigualdades internas. Ou seja, em vez de gerar crescimento imediato, a internet pode, inicialmente, reforçar a competitividade de países mais avançados, ao ampliar a exposição das economias frágeis à concorrência global sem oferecer as bases necessárias para que estas se beneficiem plenamente do processo de digitalização.

Já a variável *Assinaturas de Banda Larga* mostrou-se estatisticamente significativa apenas nos Regimes 3 e 4, com coeficientes de 0,7928 (significativo a 1%, p-valor = 0,0017) e 0,7536 (significativo a 1%, p-valor = 0,0055), respectivamente. Isso sugere que os ganhos econômicos proporcionados pela banda larga ocorrem apenas em estágios mais avançados de desenvolvimento, onde há maior capacidade de absorção tecnológica, infraestrutura e complementariedade com outros fatores produtivos.

Essa constatação está alinhada com os resultados de Dewan e Kraemer

(2000), que identificaram a ausência de retornos significativos dos investimentos em TICs nos países em desenvolvimento. Segundo os autores, fatores como a deficiência educacional, a precariedade da infraestrutura e a falta de regulamentação adequada impedem essas economias de traduzirem os investimentos em tecnologias digitais em ganhos reais de produtividade.

Além disso, esses resultados corroboram as conclusões de Toader et al. (2018), sugerindo que, em contextos de países com níveis mais elevados de PIB *per capita*, a presença de assinaturas de banda larga está associada a impactos positivos no crescimento econômico. Isso pode ser interpretado no sentido de que, em economias mais desenvolvidas a infraestrutura de banda larga pode desempenhar um papel mais significativo na promoção do crescimento econômico, possivelmente facilitando a inovação, o acesso a informações e a eficiência produtiva.

A variável *Assinaturas de Telefonia Móvel* apresentou resultados bastante homogêneos e estatisticamente significativos em todos os regimes, com coeficientes de 0,4121 (significativo a 5%, p-valor = 0,0122) no Regime 1, 0,7459 (significativo a 0,1%, p-valor = 2,15e-09) no Regime 2, 0,8046 (significativo a 0,1%, p-valor = 3,13e-

13) no Regime 3 e 0,3289 (significativo a 0,1%, p-valor < 2,2e-16) no Regime 4.

Esse padrão de resultados sugere que, independentemente do nível de desenvolvimento econômico dos países, o aumento nas assinaturas de celulares está positivamente associado ao crescimento econômico. A interpretação desses resultados está ligada ao papel central que a telefonia móvel desempenha na conectividade populacional. Sua expansão viabiliza o acesso a informações, a inclusão financeira por meio de serviços móveis, além de facilitar transações comerciais e a comunicação entre agentes econômicos, fatores essenciais para dinamizar a economia.

Essa interpretação está em consonância com os achados de Vieira e Ceretta (2024), que evidenciam o papel da telefonia móvel como vetor de desenvolvimento econômico

em diferentes estágios de renda, justamente por seu caráter acessível, disseminado e funcional mesmo em ambientes de baixa complexidade tecnológica.

A variável *Assinaturas de Telefonia Fixa* apresentou significância estatística apenas nos Regimes 1 e 2, com coeficientes de 0,7234 ($p = 0,0945$) e 0,5047 ($p = 0,0455$), respectivamente. Isso indica que a telefonia fixa ainda exerce algum papel nos países menos desenvolvidos, possivelmente como infraestrutura de base mínima em regiões sem acesso à telefonia móvel ou internet. Nos regimes superiores, a perda de significância e a queda na magnitude dos coeficientes sugerem a obsolescência dessa tecnologia como motor de produtividade. Esse resultado reforça as conclusões de David e Grobler (2020), que destacam a substituição da telefonia fixa pela móvel como tendência nas economias em transição.

Portanto, de forma geral, os resultados confirmam a existência de heterogeneidade nos efeitos das TICs sobre o crescimento econômico, evidenciando que a intensidade do impacto das variáveis de interesse sobre o PIB *per capita* varia significativamente entre os diferentes níveis de desenvolvimento dos países. Essa constatação reforça a hipótese central do estudo de que os efeitos da digitalização não são uniformes, mas condicionados ao grau de maturidade institucional, infraestrutura, capital humano e integração tecnológica de cada economia.

5. CONCLUSÃO

Este estudo investigou de forma empírica os efeitos da digitalização sobre o crescimento econômico de países desenvolvidos e em desenvolvimento, no período de 2000 a 2020. Utilizando um modelo de dados em painel com efeitos fixos e segmentação endógena por limiares de PIB *per capita*, baseado na metodologia de Hansen (1999), foi possível não apenas mensurar os impactos médios das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) sobre o PIB *per capita*, mas também identificar como esses efeitos variam conforme o estágio de desenvolvimento das nações.

A segmentação da amostra revelou a existência de quatro regimes distintos de renda, permitindo uma análise detalhada da heterogeneidade estrutural entre os países da amostra. Essa abordagem respondeu diretamente aos objetivos levantados por este estudo: i) mensurar o impacto geral da digitalização sobre o crescimento e ii) verificar se esse impacto varia conforme o nível de renda dos países. Os resultados confirmaram que tais objetivos foram plenamente atingidos.

Os achados empíricos demonstraram que as variáveis de TICs não apresentam efeitos homogêneos entre os diferentes grupos de renda. O uso da internet, por exemplo, apresentou impacto negativo nos países de baixa renda, mas positivo e crescente nos demais, refletindo a importância de infraestrutura, capital humano e instituições para que os ganhos da digitalização se convertam em produtividade. As assinaturas de banda larga revelaram-se relevantes apenas em níveis mais altos de renda, indicando seu efeito dependente de complementariedades tecnológicas. Já a telefonia móvel se mostrou consistentemente positiva e significativa em todos os regimes, com coeficientes expressivos, confirmando seu papel como tecnologia de impacto difuso e acessível, mesmo em contextos de baixa complexidade institucional. Por fim, a telefonia fixa mostrou sinais de obsolescência, perdendo significância nos países mais desenvolvidos, o que reforça sua substituição por tecnologias mais avançadas.

Esses resultados reforçam a ideia de que as TICs são instrumentos potentes para o desenvolvimento econômico, mas cujo impacto está condicionado à capacidade das economias de absorvê-las de forma eficaz. Diante disso, recomenda-se que os formuladores de políticas públicas, especialmente nos países em desenvolvimento, direcionem

esforços para ampliar o acesso às tecnologias por meio de investimentos em infraestrutura, promover a capacitação digital da força de trabalho, fortalecer instituições regulatórias e de mercado que favoreçam a inovação e a concorrência, e assegurar que a expansão tecnológica ocorra de maneira inclusiva, evitando o aprofundamento de desigualdades estruturais.

Além disso, políticas comerciais e fiscais devem ser pensadas de modo a não comprometer a alocação eficiente de recursos em setores estratégicos, como o digital, ao mesmo tempo em que se evita o *crowding-out* de investimentos privados. A integração dessas estratégias, especialmente em economias em transição, pode catalisar o crescimento sustentável, reduzir vulnerabilidades e acelerar a convergência econômica internacional.

Este estudo contribui significativamente para a literatura ao evidenciar, com base empírica robusta, que o impacto das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) sobre o crescimento econômico é condicionado ao nível de renda dos países. Tal constatação reforça a importância de abordagens flexíveis e contextuais, tanto no desenvolvimento teórico quanto na formulação de políticas públicas voltadas ao crescimento sustentável.

Contudo, é necessário reconhecer limitações adicionais às já mencionadas ao longo das demais seções deste estudo. A análise concentrou-se em variáveis que refletem majoritariamente a infraestrutura tecnológica, como número de usuários de internet, banda larga, telefonia móvel e telefonia fixa, sem incorporar fatores como o estoque de capital em tecnologia da informação, nem o volume de investimentos em *hardware*, *software* e serviços especializados. Esses elementos são de extrema importância e poderiam aprofundar a compreensão da relação entre digitalização e crescimento.

Adicionalmente, o modelo empregado capturou apenas mudanças na intensidade das relações entre as variáveis independentes e a variável dependente, não permitindo observar transformações no formato ou na estrutura dessas relações ao longo do tempo. Outra limitação relevante diz respeito à dificuldade de acesso a dados completos e consistentes para todos os países da amostra durante o período analisado, o que restringiu a complexidade das análises econométricas que poderiam ser realizadas.

Diante disso, recomenda-se que estudos futuros explorem de forma mais abrangente essas dimensões negligenciadas, utilizando o modelo de limiares aqui aplicado como ponto de partida para segmentações adicionais. Isso permitirá investigar nuances ainda não capturadas e contribuir para o avanço do conhecimento em uma área dinâmica e essencial para a compreensão do desenvolvimento econômico contemporâneo.

REFERÊNCIAS

- ACEMOGLU, Daron; ROBINSON, James A. **Por que as nações fracassam: as origens do poder, da prosperidade e da pobreza**. Elsevier, 2012.
- BARRO, Robert J. *Economic Growth in a Cross Section of Countries*. **The Quarterly Journal of Economics**, Oxford, v. 106, n. 2. 407–443 p, 1991.
- BLANCHARD, Oliver. **Macroeconomia**. 5ª ed. São Paulo: Pearson, 2011. 600 p.
- DAVID, Oladipo Olalekan; GROBLER, Wynand. *Information and communication technology penetration level as an impetus for economic growth and development in Africa*. **Routledge**, v. 33, p. 1394-1418, 16 mar 2020.
- DEWAN, Sanjeev; KRAEMER, Kenneth L.. *Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data*. **Management Science**, v. 46, p. 548-562, 2000.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **The Economics of Industrial Innovation**. 3 ed. 1997. 470 p.

GOMES, Sofia; LOPES, João M.; FERREIRA, Luís. O impacto da economia digital no crescimento econômico: O caso dos países da OCDE. **Revista de Administração Mackenzie**, São Paulo, 28 jun 2022.

GRUPO BANCO MUNDIAL. **Relatório Anual 2018**. 2018.

GUJARATI, Damodar N; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HALL, Robert E; JONES, Charles I. *Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others?*. **Oxford Journals**, v. 114, n. 1, p. 83-116, fev 1999. Oxford University Press.

HANSEN, Bruce E. *Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference*. **Journal of Econometrics**, v. 93, n. 2, p. 345-368, Dez 1999.

LEE, Sang H.; LEVENDIS, John; GUTIERREZ, Luis. Telecommunications and economic growth: An empirical analysis of sub-Saharan Africa. **Universidad del Rosario**, Faculty of Economics, v. 44, p. 461-469, Feb 2012.

MANKIW, N. Gregory. **Macroeconomia**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos e Grupo Editorial Nacional, 2015. 434 p.

PAPAIIOANNOU, Sotirir K. ; DIMELIS, Sophia P.. Information technology as a factor of economic development: Evidence from developed and developing countries. **Routledge**, p. 179-194, 18 abr 2007.

PRADHAN, Rudra P.; MALLIK, Girijasankar; BAGCHI, Tapan P.. **Information communication technology (ICT) infrastructure and economic growth: A causality evinced by cross-country panel data**. West Bengal, India, 2028 Dissertação - Indian Institute Of Technology Kharagpur.

QUAH, Danny. *Digital Goods and the New Economy*. **Discussion Papers do Centre for Economic Performance**, London School of Economics and Political Science. 47 p, Mar 2003.

SOLOW, Robert Merton. **A contribution to the theory of economic growth**. The Quarterly Journal of Economics, v. 70, p. 65-94 Tese, 1956.

TANZI, Vito. *Fiscal Policy and Economic Reconstruction in Latin America*. **International Monetary Fund**. 38 p, 2 nov 1989.

TOADER, Elena et al. *Impact of Information and Communication Technology Infrastructure on Economic Growth: An Empirical Assessment for the EU Countries*. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, 17 out 2018.

UNITED NATIONS. **Digital Inclusion**. Department of Economic and Social Affairs. Disponível em: <https://social.desa.un.org/issues/poverty-eradication/digital-inclusion>. Acesso em: 26 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Expense (% of GDP)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/GC.XPN.TOTL.GD.ZS>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Fixed broadband subscriptions (per 100 people)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.BBND.P2>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Gross fixed capital formation (% of GDP)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.GDI.FTOT.ZS>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Individuals using the Internet (% of population)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Inflation, consumer prices (annual %)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Labor force participation rate, total (% of total population)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.CACT.ZS>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Mobile cellular subscriptions (per 100 people)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.CEL.SETS.P2>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WORLD BANK GROUP. **Trade (% of GDP)**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS>. Acesso em: 11 mar. 2025.

ANEXO A — DISTRIBUIÇÃO DOS PAÍSES CONFORME OS GRUPOS DE RENDA DEFINIDOS PARA O ANO DE 2020

Este anexo apresenta a distribuição dos 130 países que compõem a amostra do estudo, organizados de acordo com os grupos de renda definidos a partir dos limiares estimados endogenamente pelo modelo. Com base nos valores de PIB per capita observados no ano de 2020, foi elaborado um quadro contendo a lista dos países classificados em cada uma das faixas de renda: baixa, média-baixa, média-alta e alta renda. Essas informações estão consolidadas no Quadro 2.

Quadro 2 — Distribuição dos Países por Grupos de Renda — Ano de 2020

Grupos de Renda	Países
Baixa Renda	Angola, Burkina Faso, Burundi, Camarões, Chade, República Democrática do Congo, Etiópia, Gâmbia, Guiné, Quirguizistão, Lesoto, Madagascar, Malawi, Mali, Moçambique, Nepal, Paquistão, Ruanda, Senegal, Tadjiquistão, Tanzânia, Uganda, Zâmbia, Zimbábue
Média-Baixa Renda	Albânia, Argélia, Armênia, Azerbaijão, Bangladesh, Bolívia, Bósnia e Herzegovina, Botsuana, Brasil, Cabo Verde, Camboja, Colômbia, Costa do Marfim, República Dominicana, Equador, Egito, El Salvador, Eswatini, Geórgia, Gana, Guatemala, Honduras, Índia, Indonésia, Irão, Jamaica, Jordânia, Quênia, Laos, Líbano, Moldávia, Mongólia, Montenegro, Marrocos, Namíbia, Nigéria, Macedônia do Norte, Paraguai, Peru, Filipinas, África do Sul, Sri Lanka, Tailândia, Tunísia, Ucrânia, Vietnã
Média-Alta Renda	Argentina, Bahrein, Bulgária, Chile, China, Costa Rica, Croácia, Chipre, República Tcheca, Estônia, Grécia, Hungria, Itália, Cazaquistão, Kuwait, Letônia, Lituânia, Malásia, Malta, Maurício, México, Omã, Panamá, Polônia, Portugal, Romênia, Rússia, Arábia Saudita, Sérvia, Eslováquia, Eslovênia, Coreia do Sul, Espanha, Trindade e Tobago, Turquia, Uruguai

Alta Renda	Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Hong Kong, Islândia, Irlanda, Israel, Japão, Luxemburgo, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Catar, Cingapura, Suécia, Suíça, Emirados Árabes Unidos, Reino Unido, Estados Unidos
------------	---

Fonte: Elaboração própria.

A inclusão deste anexo tem como objetivo reforçar a transparência metodológica, permitindo ao leitor verificar a composição de cada grupo e compreender com maior precisão a segmentação adotada na análise empírica. Essa estrutura contribui para a reprodutibilidade do estudo e para uma interpretação mais informada dos resultados apresentados.

EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: DESENVOLVIMENTO DE UM WEB-APP DE MOBILIDADE URBANA EM PARCERIA COM A CPTM

Tamara Simões Silva

Daniel de Souza Gamarano

Gisele Tessari Santos

Clarissa Ana Zambiasi

Resumo

Este relato apresenta uma experiência extensionista no Centro Universitário Ibmecc BH em parceria com a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM). O projeto integrou disciplinas de Ciência de Dados, Desenvolvimento Web e Design/UX para criação de um web-app de mobilidade urbana, aproximando os alunos da prática profissional. Foram aplicadas metodologias ágeis (Scrum), ferramentas de versionamento (GitHub) e modelos de design (Duplo Diamante). Organizados em equipes multidisciplinares, os estudantes desenvolveram desde pesquisas com usuários até protótipos e funcionalidades, com foco em front-end, back-end e usabilidade. A experiência proporcionou avanços técnicos e interpessoais, fortalecendo colaboração, liderança e inovação. Conclui-se que a iniciativa ampliou a formação acadêmica, conectando teoria e prática e preparando os alunos para os desafios da transformação digital.

Palavras-Chave

Extensão Universitária; Mobilidade Urbana; Desenvolvimento Tecnológico.

1. Introdução

A extensão universitária é um eixo essencial para a formação acadêmica no Centro Universitário Ibmec BH, pois amplia os horizontes da aprendizagem ao conectar os estudantes com problemas reais da sociedade. Mais do que um complemento curricular, a extensão promove uma vivência que integra teoria e prática, despertando nos alunos um senso de responsabilidade social e engajamento profissional.

Ainda sobre a extensão, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) disserta sobre o papel das instituições de ensino superior (IES), enfatizando a relação deste pilar com as práticas de ensino e de pesquisa. A partir de seu artigo 43, faz parte das atribuições das IES:

VII - promover a extensão, aberta à participação da população, visando à difusão das conquistas e benefícios resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica geradas na instituição. (BRASIL, 1996, p. 27.837-27.838).

No âmbito dos cursos da área de tecnologia, as disciplinas Projeto em Ciência de Dados I (Projeto Front-end), Desenvolvimento Web, Design Gráfico e UX, e Projeto em Ciência de Dados II (Projeto Back-end) dos cursos de Ciência de Dados e Inteligência Artificial, Engenharia de Computação e Engenharia de Software foram planejadas para cumprir esse papel estratégico. Por meio de uma parceria com a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), durante os semestres de 2024/02 e 2025/01, os estudantes foram desafiados a desenvolver soluções tecnológicas aplicadas à mobilidade urbana, vivenciando situações similares às do mercado profissional. A experiência relatada descreve o percurso dessa iniciativa, seus métodos, resultados e impactos formativos.

O objetivo deste relato de experiência foi apresentar e analisar a prática extensionista desenvolvida pelos alunos dos cursos tecnológicos do Centro Universitário Ibmec BH, nas disciplinas Projeto em Ciência de Dados I e II, Desenvolvimento Web e Design Gráfico e UX, em parceria com a CPTM. Busca-se descrever o percurso metodológico adotado, os resultados alcançados e os impactos formativos para os estudantes, destacando a integração entre teoria e prática, o desenvolvimento de competências técnicas e colaborativas, bem como a relevância social da aplicação de soluções tecnológicas voltadas à mobilidade urbana.

2. Desenvolvimento

A organização pedagógica seguiu uma abordagem baseada em práticas de mercado, como uso de sistemas de versionamento de código e de metodologias ágeis. Falando sobre este último, de acordo com Schwaber e Sutherland (2020), criadores do Scrum, a aplicação de metodologias ágeis expandiu-se para muito além do desenvolvimento de software, sua área de origem. Atualmente, seu uso é observado em diversos domínios que lidam com trabalhos de alta complexidade, refletindo uma adoção crescente em um mercado cada vez mais dinâmico e desafiador. Essa abordagem é valorizada por sua capacidade de aumentar a eficiência e a adaptabilidade das equipes, permitindo que as organizações respondam de forma mais rápida às mudanças e entreguem valor de maneira contínua.

Já o uso de sistemas de controle de versão, como o Git, tornou-se uma prática fundamental e indispensável no desenvolvimento de software moderno. Ferramentas como essa permitem que desenvolvedores e equipes gerenciem o histórico de modificações do código-fonte de maneira eficiente e segura. A utilização de plataformas de hospedagem como o GitHub amplia essa capacidade, facilitando a colaboração distribuída, a revisão de código e a integração de contribuições, o que otimiza o fluxo de trabalho e a qualidade do projeto final (CHACON; STRAUB, 2014).

Na prática, a adoção de metodologias ágeis, com destaque para o Scrum, possibilitou uma simulação fiel da dinâmica corporativa. Cada grupo tinha um *Scrum Master*, responsável por facilitar os processos ágeis e garantir que as boas práticas fossem seguidas. Cada *Scrum Master* reportava quinzenalmente ao *Product Owner*, papel assumido pela docente, apresentando o fechamento da *sprint* anterior e planejando a abertura da nova *sprint*. Esse formato garantiu um acompanhamento contínuo e o avanço iterativo do projeto.

Adicionalmente, o uso do Git e do GitHub para versionamento de código favoreceu um fluxo de trabalho colaborativo e organizado das entregas, além de autonomia aos estudantes, que trabalharam em seus respectivos repositórios linguagens como HTML, CSS e JavaScript, complementadas por *frameworks* escolhidos de forma livre.

2.1 Primeira parte do Projeto – UX e Front-end

A interação entre Design Gráfico e UX, Desenvolvimento Web e Projeto em Ciência de Dados I (Projeto Front-ent) foi decisiva nessa primeira parte do projeto. Enquanto a primeira disciplina orientava a pesquisa de interface e experiência do usuário, a segunda e terceira traduziam essas definições em código. Essa sinergia resultou em projetos completos, com protótipos desenvolvidos no Figma e implementações práticas no web-app.

O percurso pedagógico referente ao modelo de design seguiu o modelo do duplo diamante - Descobrir, Definir, Desenvolver, Entregar. Na fase de “Descoberta”, os alunos investigaram o cenário da mobilidade urbana, realizaram *benchmarking* internacional e participaram de visitas guiadas para compreender a experiência do usuário no transporte público. Na fase de “Definição”, cada grupo delimitou uma funcionalidade prioritária do aplicativo, como pagamento online, acessibilidade, informações turísticas ou *status* de linhas.

A fase de “Desenvolvimento” aprofundou conhecimentos em cor, tipografia, iconografia, arquitetura da informação, semiótica e boas práticas de acessibilidade. Por fim, na fase de “Entrega”, houve testes de usabilidade, análises cruzadas entre grupos e apresentações em *pitch*, fortalecendo a visão crítica e a comunicação profissional dos estudantes.

2.2 Segunda parte do projeto – Back-end

No semestre seguinte, os alunos avançaram no desenvolvimento do projeto implementando back-end durante a disciplina de Projeto em Ciência de Dados II (Projeto-back-end). A proposta era integrar uma base de dados da CPTM ao web-app, permitindo implementar funcionalidades reais, como pesquisa de rotas, cadastro de usuários, consultas sobre estações e sistemas de pagamento.

Nesse contexto, os alunos enfrentaram desafios técnicos mais robustos: construção de APIs, segurança de dados e integração com sistemas externos. Essa etapa proporcionou uma visão abrangente do ciclo de desenvolvimento de software, garantindo uma experiência prática de desenvolvimento de projeto de ponta-a-ponta que espelha o ambiente de trabalho nas empresas de tecnologia.

3. Resultados e Discussão

A experiência extensionista gerou impactos significativos. Os alunos desenvolveram competências técnicas sólidas em front-end, UX e back-end, mas, sobretudo, aprimoraram habilidades transversais, como colaboração, liderança, comunicação e resolução de problemas.

O tema da mobilidade urbana conferiu relevância social ao projeto, tornando o aprendizado mais envolvente e conectado à realidade do país. A vivência com metodologias ágeis e ferramentas de versionamento de código preparou os estudantes para os desafios

do mercado de trabalho contemporâneo. Pode-se observar na Figura 1, a apresentação de alguns grupos, ao final do semestre.

Figura 1. Entrega e Apresentação Final. Fonte: Autores (2025).



Além disso, a proposta interdisciplinar mostrou-se eficaz: ao articular design, programação e análise de dados, os estudantes vivenciaram um processo de criação integrado e realista, semelhante ao que ocorre em equipes multidisciplinares do setor de tecnologia.

4. Considerações Finais

O projeto relatado reafirma o papel estratégico da extensão universitária na formação de profissionais inovadores e preparados para o futuro. A parceria com a CPTM ampliou a dimensão prática do ensino, permitindo aos alunos experimentar a responsabilidade de propor soluções com impacto potencial no transporte público.

A iniciativa também evidencia o compromisso do Ibmec em alinhar seus cursos às demandas do mercado e da sociedade, oferecendo experiências que transcendem a sala de aula e formem estudantes capazes de atuar com visão crítica, competência técnica e responsabilidade social.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. *Presidência da República*. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1996. Disponível em: <https://bit.ly/30wD7sW>. Acesso em: 23 ago. 2025.
- CHACON, Scott; STRAUB, Ben. **Pro Git**. 2. ed.: Apress, 2014. Disponível em: <https://git-scm.com/book/pt-br/v2>. Acesso em: 25 ago. 2025.
- SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. **O Guia do Scrum: O Guia Definitivo para o Scrum: As Regras do Jogo**. 2020. Disponível em: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-PortugueseBR-3.0.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2025.

COMPUTAÇÃO QUÂNTICA: FUNDAMENTOS E PRIMEIROS PASSOS COM QISKIT — UM ESTUDO INTRODUTÓRIO

Mariana Vieira Barreto^[1]

Francisco Martins de Aguiar^[2]

Orientação: Prof. Sérgio Luiz Araújo Vieira, IBMEC BH

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo introdutório de computação quântica voltado a estudantes em fase inicial, com ênfase na compreensão conceitual dos blocos fundamentais (qubits, superposição, emaranhamento e interferência) e na familiarização com a lógica de algoritmos quânticos elementares. A metodologia baseou-se no acompanhamento do “Minicurso — O básico da computação quântica” do ICTP–SAIFR (International Centre for Theoretical Physics – South American Institute for Fundamental Research) e no estudo do livro *Quantum Computing for the Quantum Curious*, complementados por estudos guiados e atividades práticas de programação de circuitos em simuladores via Qiskit. Como produto pedagógico, sistematizamos os principais conceitos, apresentamos portas e circuitos básicos (X, H, Z, CNOT, criação de estados de Bell) e descrevemos um roteiro mínimo para implementar e medir circuitos simples em ambiente de simulação. O trabalho discute o papel de tais conceitos como pré-requisitos para etapas posteriores — algoritmos (Deutsch–Jozsa, Grover em pequena escala) e criptografia quântica (por exemplo, BB84) — e mapeia limitações típicas de quem se inicia na área, como a transição da intuição clássica para a formalização no formalismo de Dirac. Concluimos com um plano de aprofundamento e com sugestões de trilhas de estudo para avançar de noções básicas a aplicações introdutórias.

Palavras-chave

Computação quântica; qubit; superposição; emaranhamento; Qiskit.

[1] IBMEC BH — Ciência de Dados & IA — E-mail: 202407096301@alunos.ibmec.edu.br

[2] IBMEC BH — Engenharia de Produção — E-mail: 202303120788@alunos.ibmec.edu.br

Introdução

A computação quântica propõe um novo paradigma de processamento de informação, fundamentado em fenômenos físicos sem análogo clássico direto, como superposição e emaranhamento. Esse paradigma abre caminhos para algoritmos com vantagens prováveis em tarefas específicas (busca não estruturada, simulação quântica e determinados problemas de otimização), além de protocolos de comunicação e criptografia com propriedades inéditas. Contudo, iniciativas na área frequentemente esbarram em duas dificuldades: (i) a lacuna entre a intuição clássica e a formalização matemática (vetores de estado, operadores unitários, base computacional) e (ii) a distância entre o entendimento conceitual e a prática de modelagem de circuitos quânticos e medições que são afetadas por princípios da física quântica.

Este trabalho posiciona-se como um primeiro passo estruturado para reduzir essas barreiras. Reunimos conceitos básicos da física quântica, notação mínima e exemplos de circuitos lógicos de baixa complexidade, conectando-os a exercícios práticos em simuladores. O foco é formar uma base sólida para, em etapas subsequentes, explorar algoritmos introdutórios e tópicos de criptografia quântica. Em termos educacionais, a contribuição é um material-síntese que integra referências consolidadas com uma trilha prática curta porém funcional em Qiskit (linguagem de programação quântica desenvolvida pela IBM).

Por que agora? A computação quântica deixou de ser apenas “tendência” e entrou na agenda concreta de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e de risco tecnológico. Do lado de mercado, há (i) pressão por resiliência criptográfica diante da padronização de esquemas pós-quânticos e da necessidade de planejamento de migração; (ii) crescimento de casos de uso piloto em simulação de novos materiais e química molecular, otimização (cadeias logísticas, roteamento) e finanças; (iii) oferta em nuvem de hardwares NISQ (*Noisy Intermediate-Scale Quantum*), que são sistemas que tem uma escala quântica intermediária ou seja, estão longe da sua capacidade teórica máxima por possuírem interferências (ruídos) seja do ambiente ou de limitações físicas do chip e simuladores, além de toolkits maduros (Qiskit), encurtando a barreira de entrada; e (iv) escassez de talentos capazes de traduzir conceitos (estados, portas, medições) em experimentos reproduzíveis. Nessa conjuntura, iniciar cedo a formação — dominando linguagem de estados, portas e medições e praticando em simuladores — é estratégico para acompanhar a curva de maturidade tecnológica e preparar migrações/ensaios controlados em ambientes acadêmicos e corporativos.

Objetivos

Geral: compreender o que é e como funciona a computação quântica.

Específicos:

1. Entender os fundamentos físicos e formais que sustentam a tecnologia (qubits, estados, portas unitárias e medições).
2. Estudar a lógica por trás de algoritmos quânticos elementares.
3. Investigar o potencial e limitações atuais do paradigma quântico em nível introdutório.
4. Aprender a aplicar a lógica estudada por meio da construção de circuitos simples e sua execução em simuladores via Qiskit.

Metodologia

Abordagem: estudo teórico orientado por referências didáticas, com enfoque em revisão conceitual e prática guiada em simuladores.

Fontes estruturantes: (i) Minicurso ICTP–SAIFR(International Centre for Theoretical Physics – South American Institute for Fundamental Research) “O básico da computação quântica”; (ii) Quantum Computing for the Quantum Curious.

Trilha prática (Qiskit): instalação e configuração do ambiente; criação de circuitos de 1–2 qubits; aplicação de portas X(NOT), H(Hadamard), Z(Pauli-Z) e CNOT(Controlled-NOT); criação de estados de Bell; execução em backend simulador; coleta de contagens de medição e análise de histogramas.

Critérios de aprendizagem: capacidade de (a) descrever estados em base computacional, (b) compor portas para realizar transformações desejadas, (c) prever resultados de medições em casos simples e (d) interpretar saídas dos simuladores.

Desenvolvimento

1. Fundamentos conceituais

Qubit e estados: representação em notação de Dirac ($|0\rangle$, $|1\rangle$) e combinações lineares; normalização; cálculos matriciais e interpretação probabilística.

Superposição e emaranhamento: distinções, exemplos clássicos vs. quânticos; implicações para correlações não clássicas.

Operadores e portas: unitários, reversibilidade; portas X(Pauli-X), Y(Pauli-Y), Z(Pauli-Z), H(Hadamard), S(Porta de rotação de fase, aplica uma rotação de 90 graus no plano complexo), T(Porta de rotação de fase, aplica uma rotação de 45 graus no plano complexo); portas de dois qubits (CNOT)(Controlled-NOT); composição de circuitos.

Medição: projeção em bases; distribuição de probabilidades; colapso; repetição e estimativa.

2. Portas e circuitos básicos (exemplos)

Aplicação das portas quânticas H, Z e CNOT para criação de estados emaranhados e mudanças de base como os exemplos listados abaixo:

- Criação de estados “up” $|+\rangle$: H aplicado em $|0\rangle \rightarrow$ superposição.
- Estados de Bell(superposição): H no primeiro qubit + CNOT $\rightarrow (|00\rangle+|11\rangle)/\sqrt{2}$; medições correlacionadas.
- Interferência simples: sequência H–Z–H para ilustrar mudança de fase e efeito na probabilidade.

3. Noções mínimas do formalismo matemático

Notação de Dirac: vetores coluna, bra-ket, produtos internos.

Representação matricial das portas quânticas: aplicação das portas quânticas para realização de operações de mudança de base, fase, emaranhamento e teletransporte..

4. Trilha prática em Qiskit (roteiro curto)

- 1) Criar circuito com 1–2 qubits.
- 2) Aplicar circuitos com as portas H, X, Z e CNOT conforme o objetivo.

- 3) Adicionar medições e executar em simulador (Aer).
- 4) Obter contagens e visualizar histograma.
- 5) Comparar previsão teórica vs. resultado.

Observação: Não foram realizados experimentos em hardware; toda a prática ocorreu em simuladores para fins didáticos.

Discussão

Mesmo restritos ao nível introdutório, os exercícios evidenciam a diferença entre “pensar em bits” e “pensar em estados quânticos”: a probabilidade emerge da amplitude e fases relativas, o que explica fenômenos como interferência e emaranhamento. A criação e medição de estados de Bell, ainda que em simuladores, reforça a compreensão sobre correlações não clássicas, essenciais para protocolos como teleportação e distribuição de chaves quânticas. As principais dificuldades identificadas incluem (i) transpor a intuição clássica para a quântica utilizando a notação vetorial/matricial, (ii) diferenciar mudança de fase, de rotação e de base e (iii) interpretar histogramas de medição à luz da teoria. Essas dificuldades guiam o plano de aprofundamento: consolidar o formalismo (Dirac), introduzir portas de fase (S, T) e explorar algoritmos elementares (Deutsch–Jozsa e Grover em pequena escala) e o protocolo de segurança BB84.

Conclusão

Apresentamos uma síntese dos fundamentos de computação quântica, articulando conceitos, notação mínima e exemplos práticos em simuladores via Qiskit. O material busca reduzir barreiras de entrada típicas, oferecendo um roteiro compacto para transitar da teoria à prática elementar. Como próximos passos, propomos estudar algoritmos introdutórios, protocolos de comunicação/criptografia quântica e noções iniciais de ruído e correção de erros, com vistas a construir uma base para investigações mais profundas e aplicações educativas.

REFERÊNCIAS

- HUGHES, Ciaran; ISAACSON, Joshua; PERRY, Anastasia; SUN, Ranbel F.; TURNER, Jessica. Quantum Computing for the Quantum Curious. Cham: Springer, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-61601-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61601-4>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- ICTP–SAIFR. *Minicurso para estudantes do ensino médio — O básico da computação quântica (playlist)*. YouTube, [s.d.]. Disponível em: https://youtube.com/playlist?list=PLg0_ydgtbHGHv_qKiHo-pCkS279_dN6F7. Acesso em: 11 ago. 2025.
- IBM QUANTUM. *Qiskit Textbook*. [S.l.]: IBM, 2020–. Disponível em: <https://qiskit.org/learn>. Acesso em: 11 ago. 2025.

RESUMO EXPANDIDO: EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA COMO METODOLOGIA ATIVA: IMPACTOS NO ENGAJAMENTO ACADÊMICO

Caroline Cordova Bicudo da Costa (Ibmec)

Rafael Vieira Caichiolo (Ibmec)

Anna Carolina Mendonça Lemos Ribeiro (Universidade de Brasília)

Letícia Salazar Serra (Universidade de Brasília)

Wilson Cruz Neto (Ibmec)

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual da educação superior, o engajamento acadêmico tem se consolidado como fator crítico para o sucesso educacional e para o desenvolvimento de competências profissionais e cidadãs. Com as preocupantes taxas de evasão e desmotivação estudantil, manter os estudantes envolvidos nas atividades se tornou um desafio nas discussões sobre a qualidade do ensino no Brasil. Nesse contexto, as metodologias ativas, que reposicionam o estudante como sujeito protagonista do processo de ensino-aprendizagem, são amplamente discutidas. Elas são consideradas estratégias eficazes para aumentar o engajamento e promover uma aprendizagem mais significativa. Estudos já demonstram que a implementação de metodologias ativas de ensino pode favorecer a autonomia, motivação intrínseca e o pensamento crítico dos estudantes, resultando em um envolvimento profundo e relevante com o processo de aprendizagem.

Apesar das evidências favoráveis, ainda há resistência à adoção dessas práticas em Instituições de Ensino Superior. Essa resistência pode ser explicada por diversos fatores, como a tradição de ensino expositivo, a falta de formação pedagógica dos docentes e a percepção de que tais metodologias exigem mais tempo e recursos. Esse paradoxo entre os benefícios comprovados das metodologias ativas de ensino e a resistência à sua implementação levanta questões importantes sobre como promover o engajamento acadêmico e superar barreiras estruturais e culturais. Ante o exposto, esta pesquisa objetivou investigar o impacto de projetos de extensão, como metodologia ativa, no engajamento acadêmico de estudantes de graduação de uma Instituição de Ensino Superior privada do Distrito Federal. O foco foi capturar as percepções e experiências dos estudantes neste contato com disciplinas extensionistas obrigatórias em suas grades curriculares.

2. METODOLOGIA

Empregou-se a abordagem qualitativa, de caráter descritivo-interpretativo, para analisar relatos de estudantes de graduação. A escolha de uma Instituição de Ensino Superior privada como *locus* da pesquisa justifica-se por seu caráter emergente na região, ainda em fase consolidação institucional. Assim, a pesquisa foi delineada com um recorte longitudinal, abrangendo cinco semestres consecutivos, de 2023.1 a 2025.1. A pesquisa foi realizada no âmbito da disciplina de graduação denominada Teoria das Organizações, ministrada conjuntamente aos cursos de Administração e Ciências Econômicas. A escolha deste contexto visou compreender como os estudantes vivenciam a articulação entre

ensino, pesquisa e extensão em um componente curricular obrigatório. A proposta da disciplina envolvia o desenvolvimento de projetos extensionistas obrigatórios em parceria com organizações reais.

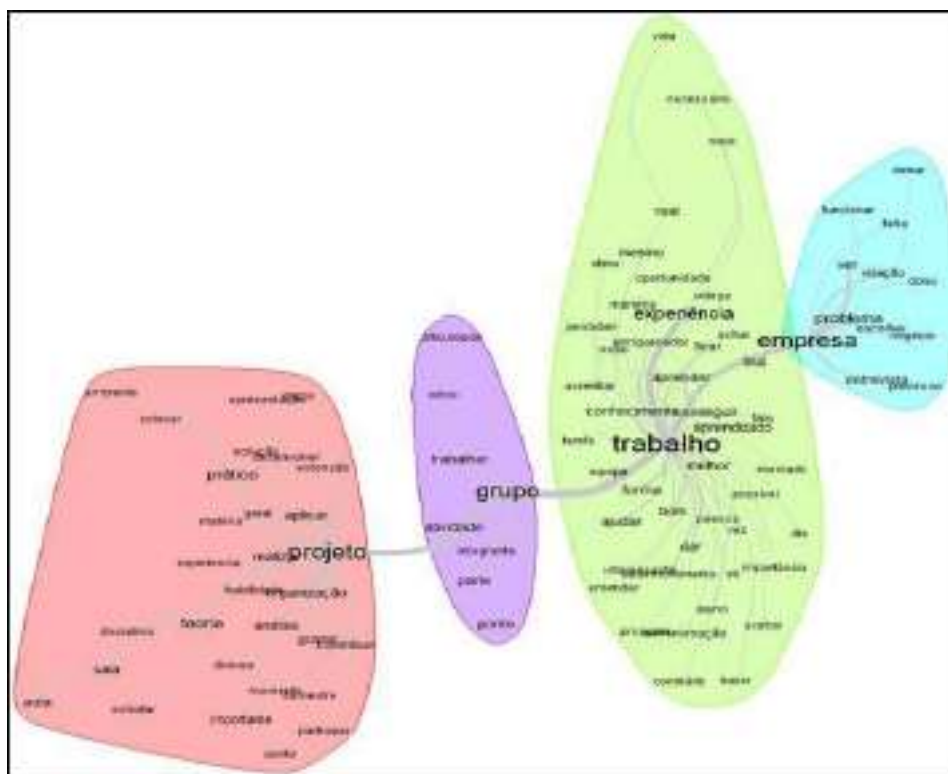
A coleta dos dados aconteceu ao fim de cada semestre, momento em que os estudantes eram convidados a elaborar relatos reflexivos sobre a experiência vivenciada em termos da participação em um projeto extensionista como atividade prática em grupo. Os estudantes autorizaram o uso dos relatos para fins de pesquisa, em conformidade com princípios éticos. Ao todo, foram coletados 101 relatos considerados válidos (dados primários) ao longo dos semestres de execução da pesquisa, ou seja, de 2023.1 a 2025.1. Estes relatos integraram o *corpus* textual da análise operacionalizada com apoio do *software* IRAMUTEQ. As categorias temáticas foram construídas *a posteriori*, emergindo da articulação entre os resultados fornecidos pelas análises do *software* e a leitura interpretativa dos pesquisadores à luz da literatura sobre engajamento acadêmico, metodologias ativas de ensino e práticas extensionistas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise permitiu identificar quatro núcleos semânticos que expressam a percepção dos estudantes sobre os projetos de extensão desenvolvidos (Figura 1). O primeiro deles, projeto-prática-teoria (em vermelho), evidencia a valorização da integração entre os conteúdos discutidos nas disciplinas e sua aplicação em situações concretas, ressaltando a importância de transformar o conhecimento teórico em ação. Termos como “análise”, “solução”, “aplicar” e “organização” reforçam a ideia de que os estudantes reconheceram no projeto uma oportunidade de exercitar habilidades cognitivas e operacionais ligadas ao enfrentamento de problemas, o que amplia a compreensão dos conteúdos e gera maior sentido à aprendizagem.

O segundo núcleo, associado ao trabalho em grupo (em lilás), revela a centralidade da colaboração como elemento constitutivo da experiência. Palavras como “integrante”, “atividade”, “parte” e “atribuir” apontam para a dinâmica coletiva da proposta, que foi percebida tanto como um espaço de desenvolvimento interpessoal quanto como um desafio. As menções a “dificuldade” e “início” sugerem que a adaptação ao trabalho conjunto exigiu esforços de organização e negociação entre os participantes.

Figura 1 - Análise de Similitude



Fonte: dados da pesquisa.

O terceiro núcleo, trabalho-experiência (em verde), configura-se como o mais abrangente e central. Nele, termos como “aprendizado”, “conhecimento”, “enriquecedor”, “importante” e “real” indicam que os estudantes atribuíram forte valor formativo ao projeto, entendendo-o como uma vivência significativa e distinta da rotina tradicional de sala de aula. Por fim, o núcleo relacionado a empresa-problema (em azul) destaca a aproximação com o mundo do trabalho. Expressões como “processo”, “negócio”, “entrevista” e “funcionar” mostram que os estudantes valorizaram a possibilidade de compreender a lógica organizacional e vivenciar práticas próximas àquelas encontradas em ambientes corporativos. De modo geral, os resultados sugerem que o projeto de extensão, enquanto metodologia ativa, promoveu engajamento acadêmico e satisfação dos estudantes. A experiência foi percebida como enriquecedora, motivadora e alinhada às expectativas de formação, permitindo ampliar a compreensão da relação entre teoria e prática e fortalecendo competências relevantes ao campo profissional.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa reforça a literatura acadêmica existente ao mostrar que práticas extensionistas possuem o potencial de influenciar o engajamento acadêmico, corroborando com abordagens que defendem o protagonismo discente e a relevância social da extensão. Além disso, contribui ao discutir a extensão universitária como estratégia metodológica capaz de articular teoria, prática e compromisso social, alinhando-se a diretrizes legais e educacionais contemporâneas. Embora os resultados apontem para efeitos positivos da extensão universitária como metodologia ativa, sugerem-se direções para pesquisas futuras, como estudos que acompanhem os estudantes ao longo do curso, de modo a avaliar impactos de médio e longo prazo no engajamento e na permanência acadêmica. Cabe destacar que este estudo se encontra em finalização da análise de dados e discussão teórica de resultados.

REFERÊNCIAS

- ALRASHIDI, O.; PHAN, H.; NGU, B. Academic Engagement: An Overview of Its Definitions, Dimensions, and Major Conceptualisations. *International Education Studies*, v. 9, p. 41-52, 2016.
- CHARLOT, B. *Da relação com o saber: elementos para uma teoria*. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- COMIN, L. C.; LAVINIKI, J.; CIOTTI, R. Metodologias ativas aplicadas a Administração e áreas afins: revisão das publicações nacionais e internacionais. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 17, p. 1-22, 2023.
- VITÓRIA, M. I. C. et al. Engajamento acadêmico: desafios para a permanência do estudante na Educação Superior. *Educação*, v. 41, n. 2, p. 262-269, 2018.

DOIS FUNDOS, UMA FLORESTA: CONVERGÊNCIA ESTRATÉGICA OU DISPUTA DE RUMOS?

João Gabriel de Araujo Oliveira^[1]

Camila Ramos de Amorim^[2]

Vitória Altfuldisck Soares^[3]

Resumo

Este artigo realiza uma análise comparativa aprofundada entre dois fundos ambientais: um de caráter nacional, o Fundo Amazônia, e outro de abrangência internacional, o *Tropical Forest Forever Facility*. A investigação considera suas similaridades e diferenças em múltiplos aspectos, incluindo os processos de criação, a estrutura administrativa, as aspirações institucionais e os impactos efetivos sobre a sustentabilidade global. Além disso, o estudo dedica atenção especial à discussão sobre a possível substituição do Fundo Amazônia pelo *Tropical Forest Forever Facility*, à luz da nova proposta apresentada durante a COP 28, que propõe um modelo mais inovador, sofisticado e adaptado às demandas e complexidades do contexto ambiental contemporâneo. Para tanto, realiza-se uma observação detalhada de indicadores atuais e projeções futuras, permitindo uma avaliação crítica do potencial de ambos os fundos na promoção da preservação ambiental, no enfrentamento das mudanças climáticas e na consolidação de práticas sustentáveis em escala global.

Palavras-chave

Fundo Amazônia, TFFF, Sustentabilidade, Financiamento Climático, Desenvolvimento Sustentável.

[1] Professor Adjunto I de Economia, Ibmecc-DF; Macro-Consultant, the World Bank; Membro da Associação Brasileira dos Economistas pela Democracia; Associated Fellow, American Economic Association. As opiniões expressas nesse artigo não representam, necessariamente, as da Diretoria Executiva, Países Membros e Representantes das instituições que o autor pertence. joaogabrielaraujooliveira@gmail.com

[2] Aluna do Ibmecc-DF. camilaramosamorim7@gmail.com

[3] Aluna do Ibmecc-DF e da Universidade de Brasília. vitoria.altfuldisck@gmail.com

Abstract

This article conducts an in-depth comparative analysis between two environmental funds: a national one, the Amazon Fund, and an international one, the Tropical Forest Forever Facility. The investigation examines their similarities and differences across multiple aspects, including the creation processes, administrative structures, institutional aspirations, and actual impacts on global sustainability. Furthermore, the study pays special attention to the discussion of a possible replacement of the Amazon Fund by the Tropical Forest Forever Facility, in light of the new proposal presented at COP 28, which suggests a more innovative, sophisticated model adapted to the demands and complexities of the contemporary environmental context. To this end, a detailed observation of current indicators and future projections is carried out, allowing a critical assessment of the potential of both funds in promoting environmental preservation, addressing climate change, and consolidating sustainable practices on a global scale.

Keywords

Amazon Fund, TFFF, Sustainability, Climate Finance, Sustainable Development.

1. Introdução

O objetivo central deste trabalho é analisar quais os efeitos da implementação do *Tropical Forest Forever Facility* (TFFF) a serem discutidos na COP30 e se este virá como uma proposta de substituto para o Fundo Amazônia. A partir disso, põe-se em prática um estudo comparativo entre a complementaridade e substitutibilidade entre ambos, além de uma análise dos contextos de cada um, mostrando desde como foi feita sua criação até suas matrizes institucionais, podendo ser proposto, ao final, possíveis recomendações políticas com relação aos resultados e impactos dos fundos para a preservação da Floresta Amazônica.

Sobretudo, a necessidade de discussão dessa pauta é essencial para compreender os caminhos atuais e futuros do financiamento climático voltado à preservação das florestas tropicais e a sustentabilidade global. Embora possuam origens e recursos heterogêneos, os dois fundos representam instrumentos estratégicos para viabilizar ações de combate ao desmatamento, mitigação das mudanças climáticas e promoção do desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o Fundo Amazônia e o TFFF, criados para fomentar a conservação verde, captar doações e instigar o resguardo ambiental, possuem um mecanismo alternativo proposto para a época, no qual consiste no pagamento por resultados em função da proteção florestal, contudo, a distinção de ambos se dá pela conexão existente de cada, dado que o Fundo Amazônia se estabelece autônomo e o TFFF associado a países internacionais, em face disso, esta questão será esclarecida em maior detalhe em decorrência da leitura do texto.

Outrossim, a Lei nº 1.806 manifesta de forma evidente o reconhecimento do Estado brasileiro a respeito do destino de recursos específicos e permanentes para o desenvolvimento da Amazônia, estabelecendo que 3% da arrecadação dos impostos federais seriam destinados obrigatoriamente ao fundo. Em vista do exposto, essa determinação explícita a importância atribuída à região, inserida em um projeto estratégico de integração territorial e fortalecimento da economia nacional. Outro ponto claro a se apresentar é a definição da chamada Amazônia Legal, delimitada pela própria lei para fins de planejamento regional, mostrando a tentativa de organizar o desenvolvimento de forma integrada, não restrita às fronteiras estaduais, mas a um território maior, tratado como unidade estratégica para o país.

Sob essa ótica, o TFFF também integra essa pauta voltada ao progresso ambiental e ecológico, visto que, até mesmo a ONG *Greenpeace* adota uma perspectiva positiva a respeito desse novo modelo financiável apresentado pelo Brasil, posicionando pontos importantes com o objetivo de enquadrar o fundo com núcleos estratégicos para destaque, isso a fim de o tornar uma referência renovável e biofílica. Posto isso, as sugestões propostas pela organização ambiental se estabelecem em tópicos do próprio projeto, no que se refere à transparência de dados, à voz das comunidades locais, e a um sistema tecnológico avançado para salvaguardar os ecossistemas, e nessa linha de raciocínio, a pesquisa integrará na avaliação do fundo e de seus aspectos correlatos, deixando em ênfase o cotejo com modelos anteriores.

Diante disso, o artigo se divide entre essa introdução concomitantemente com a segunda seção, apresentando a contextualização do Fundo Amazônia e do TFFF, sendo a seção 2.1 referente ao primeiro e a seção 2.2 ao segundo, isso com intuito de descrever mais aprofundadamente suas formações e suas respectivas formas organizacionais. Já o terceiro tópico deseja promover a discussão sobre as particularidades de cada fundo, com a seção 3.1 explicitando a abordagem sobre às suas divergências, e de forma suplementar a seção 3.2, se refere às suas convergências, com o fito de demonstrar os

prós e contras de cada um dos fundos. Após essa análise de ambos, o artigo conclui-se com as considerações finais.

2. Contextualização do Fundo Amazônia e do Tropical Forest Forever Facility (TFFF)

Nesta seção, é apresentado a inserção a respeito do Fundo Amazônia e do TFFF, visto que ambos estão assiduamente interligados em âmbito nacional e internacional. Desse modo, a seção 2.1. apresenta o Fundo Amazônia com um foco mais institucional e detalhado, desde sua criação até sua execução, isso ao abordar seus mecanismos financeiros somados aos projetos elaborados na Amazônia Legal. Sob essa ótica, na seção 2.2. o *Tropical Forest Forever Facility* parte para um contexto mais otimista na questão da sustentabilidade contemporânea, trazendo uma proposta mais recente e inovadora sob a perspectiva externa, contudo, há controvérsias e incertezas acerca de suas projeções futuras, o que influencia fortemente na visão estrangeira sobre o Brasil.

2.1 Fundo Amazônia

O Fundo Amazônia é um mecanismo brasileiro de financiamento não reembolsável, voltado para ações contra o desmatamento, visando a conservação ambiental e promoção do uso sustentável das florestas na região da Amazônia Legal. A partir disso, criado pelo Decreto nº 6.527/2008, ele surge como instrumento de apoio à execução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), lançado em 2004. Nesse sentido, o fundo representa uma inovação institucional ao adotar um modelo de pagamento por resultados, ou seja, onde os recursos internacionais são liberados com base na comprovação de redução das emissões por desmatamento evitado (BRASIL, 2008).

Sob essa ótica, conforme o artigo 1º do Decreto nº 6.527/2008, o fundo tem como objetivo a captação de doações para investimentos não reembolsáveis em ações de prevenção, junto com o monitoramento e combate ao desmatamento, somado a promoção da conservação e do uso sustentável das florestas na Amazônia Legal. Desse modo, o modelo se alinha às diretrizes do mecanismo REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal), previsto no Artigo 5º do Acordo de Paris (UNFCCC, 2015), e se salienta por adotar uma abordagem jurisdicional, isto é, centrada na performance de governos (nacional e estaduais) e não apenas em projetos que atuam de forma pontual.

Nesse contexto, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) é o gestor do Fundo Amazônia, conforme definido pelo artigo 3º do mesmo decreto foi lhe incumbido a captar os recursos, coordenar a análise técnica dos projetos, firmar os contratos com os proponentes, realizar o acompanhamento da execução e garantir a transparência na prestação de contas (BNDES, 2023a). Em consonância com isso, a atuação do banco é supervisionada pelo Comitê Orientador do Fundo Amazônia (COFA), colegiado deliberativo que define as diretrizes e critérios de alocação dos recursos, no qual é composto por representantes do governo federal, dos estados da Amazônia Legal, da sociedade civil e do setor empresarial, o que garante uma governança descentralizada e multissetorial (BNDES, 2023b).

Outrossim, o financiamento do fundo ocorre por meio de doações voluntárias internacionais, vinculadas a resultados, as quais são calculadas com base nas toneladas de CO₂ evitadas com a redução do desmatamento, tomando como referência os dados anuais do PRODES – Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite, coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). À luz disso, a Noruega é, historicamente, o principal doador, com cerca de 3 bilhões de reais transferidos até

2023, seguida pela Alemanha e, em menor escala, pela Petrobras (BNDES, 2023c; KASA, 2022). Posto isso, as contribuições são realizadas após verificação técnica dos resultados ambientais, o que assegura a credibilidade do mecanismo.

Além disso, até o ano de 2023, o Fundo Amazônia já havia aprovado mais de 100 projetos e desembolsado cerca de R\$ 1,4 bilhão, os quais atuam em áreas como fortalecimento da fiscalização ambiental, gestão de unidades de conservação, regularização fundiária, pesquisa científica, capacitação de comunidades tradicionais, e promoção de cadeias produtivas sustentáveis (BNDES, 2023a). Dessarte, um exemplo disso, é o apoio ao monitoramento por satélite realizado pelo INPE, ao programa Bolsa Verde, à implantação de sistemas de comando e controle pelo IBAMA e ao fortalecimento institucional de secretarias estaduais de meio ambiente. E em termos de impacto econômico regional, o estudo de Bizzo e Michener (2023) mostra que, entre 2010 e 2017, projetos apoiados pelo fundo aumentaram significativamente o valor agregado de cadeias produtivas sustentáveis nos municípios beneficiados, com ganhos médios superiores a R\$ 1 milhão anuais, indicando a aliança entre conservação florestal e bioeconomia.

No entanto, a trajetória do fundo sofreu uma descontinuidade entre 2019 e 2022, visto que o Ministério do Meio Ambiente alterou, de forma unilateral, a composição do COFA e do Comitê Técnico do REDD+, sem consulta prévia aos doadores, contrariando os termos dos acordos de cooperação financeira firmados com a Noruega e a Alemanha (NORAD, 2019). Em resposta, os dois países suspenderam novos repasses, e o BNDES interrompeu a aprovação de novos projetos. Logo, segundo o relatório da Controladoria-Geral da União (CGU, 2021), cerca de R\$2,9 bilhões ficaram paralisados no fundo, sem destinação por quase quatro anos.

Nessa perspectiva, a reversão desse quadro ocorreu a partir de 2023, já que o governo reativou o COFA com sua composição original, retomando o diálogo com os doadores e reafirmando os compromissos internacionais do Brasil na agenda climática, tendo a reassunção do Fundo Amazônia anunciada oficialmente pelo BNDES em fevereiro de 2023, com a reabertura para submissão de projetos e o relançamento de editais de seleção pública (BNDES, 2023d). Cumpre acrescentar que, o governo brasileiro iniciou tratativas com novos parceiros internacionais, incluindo Estados Unidos, Reino Unido, União Europeia e Fundos Climáticos multilaterais, com vistas à diversificação e ampliação das fontes de financiamento (Itamaraty, 2023).

No âmbito internacional, o Fundo Amazônia é considerado uma boa prática em REDD+, sendo de forma frequente citado nos relatórios da UNFCCC e em análises de organizações como a Climate Policy Initiative (CPI) e o Center for Global Development (CGD), inspirando iniciativas semelhantes em outros países da Bacia Amazônica. Nessa lógica, mais recentemente, durante os preparativos para a COP 30, a ser realizada em Belém (PA) em 2025, discutiu-se a criação do Tropical Forest Finance Facility (TFFF), uma plataforma internacional de financiamento climático baseada em resultados e inspirada diretamente no modelo do Fundo Amazônia (MMA, 2024). A par disso, segundo Bafti (2024), o Fundo Amazônia também fortalece a diplomacia ambiental brasileira no contexto da cooperação Sul-Sul, demonstrando capacidade institucional para liderar iniciativas replicáveis em países em desenvolvimento, especialmente na América do Sul e África.

Apesar de seus avanços, o fundo enfrenta desafios, como a necessidade de maior agilidade na análise e contratação de projetos, melhor inclusão de comunidades indígenas e quilombolas, além do risco de greenwashing por parte de novos doadores que não compartilham do mesmo rigor técnico e socioambiental. Vale ressaltar ainda que, há debates sobre como conciliar a operação do fundo com mecanismos de mercado de carbono, especialmente no contexto do Artigo 6 do Acordo de Paris, sem comprometer

os princípios fundadores do Fundo Amazônia, que rejeitam a mercantilização direta dos serviços ecossistêmicos.

Em síntese, o Fundo Amazônia representa uma política pública ambiental estruturada, institucionalmente robusta, com impactos concretos e alta legitimidade nacional e internacional. Desse jeito, seu funcionamento bem-sucedido depende de governança transparente, respeito aos acordos multilaterais e compromisso contínuo com a integridade ambiental e social dos territórios amazônicos, logo, ao fortalecer o vínculo entre política climática e desenvolvimento sustentável, o fundo mostra que é possível construir alternativas eficazes à destruição da floresta, promovendo justiça ambiental, inclusão social e soberania climática.

2.2 Tropical Forest Forever Facility (TFFF)

O *Tropical Forest Forever Facility* (TFFF) desponta como uma das propostas mais inovadoras do século XXI para assegurar o financiamento permanente da conservação das florestas tropicais, consideradas cruciais para a regulação climática, a preservação da biodiversidade e a manutenção dos ciclos hídricos globais. Sua concepção remonta aos anos 2000, quando o economista Kenneth Lay, então tesoureiro do Banco Mundial, propôs um modelo alternativo de financiamento climático capaz de romper com a dependência de doações pontuais e instáveis. Em face do tempo decorrido, a ideia ganhou maior corpo em 2018, quando Lay, em coautoria com especialistas do *Center for Global Development* (CGD), publicou um artigo detalhando a proposta de criação de um fundo internacional permanente para recompensar países que mantivessem suas florestas tropicais em pé.

Além do mais, o contexto internacional era favorável a novas soluções, visto que desde a segunda metade do século XX, a preocupação com as florestas tropicais vinha crescendo em ritmo acelerado. Desse modo, A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), realizada no Rio de Janeiro, foi um divisor de águas ao inserir a questão florestal de forma definitiva na agenda ambiental global, contudo, as iniciativas subsequentes enfrentaram barreiras estruturais, vide o REDD+, lançado em 2005, que representou um marco ao introduzir o conceito de pagamentos por resultados, mas revelou-se burocrático, de difícil implementação e insuficiente em escala financeira.

Nesse escopo, o Fundo Amazônia, criado em 2008, evidenciou uma eficácia inicial e conquistou reconhecimento internacional, porém, sua paralisação em 2019, por motivações políticas, manifestou a vulnerabilidade de mecanismos baseados exclusivamente em doações voluntárias, paralelamente a isso, os mercados voluntários de carbono, apesar de promissores, foram alvo de críticas quanto à falta de transparência e à dificuldade de garantir benefícios efetivos e permanentes para a conservação. Sob essa ótica, foi nesse cenário de lacunas e limitações que o TFFF se apresentou como alternativa diferenciada, pois ao contrário das experiências anteriores, o mecanismo defendido por Lay (2018) e posteriormente encampado pelo Brasil busca instituir uma estrutura financeira autossustentável, capaz de oferecer pagamentos regulares e previsíveis aos países detentores de florestas tropicais, independentemente de ciclos políticos ou de crises nas doações internacionais.

Nessa conformidade, o Brasil assumiu papel central nesse processo, e sob crescente pressão internacional devido ao aumento do desflorestamento, o governo brasileiro apresentou o TFFF formalmente durante a COP 28, em Dubai, no ano de 2023, como parte de uma tentativa de reposicionar o país no cenário climático global. À luz do exposto, a proposta estruturou-se em três pilares: o primeiro com um fundo inicial de US\$ 1 bilhão, com mecanismos de reinvestimento contínuo para garantir a sustentabilidade financeira; o segundo com pagamentos por resultados, vinculados a métricas claras e verificáveis de

conservação, como hectares preservados e redução consistente do desmatamento; e o terceiro em uma governança multilateral, envolvendo governos, setor privado, sociedade civil e instituições financeiras multilaterais. Apesar da relevância do desenho, o TFFF enfrentou desconfiança inicial, já que com o histórico recente do Brasil, o país minava a credibilidade da proposta, além disso, nações desenvolvidas mostraram-se céticas quanto à escalabilidade do modelo e à sua viabilidade financeira, especialmente diante da concorrência por recursos com outros instrumentos climáticos, como o Fundo de Perdas e Danos UNFCCC (2023).

A partir de 2023, no entanto, o panorama começou a se modificar, com a reorientação da política ambiental brasileira — marcada pela retomada do Fundo Amazônia, pela queda nas taxas de desmatamento e pelo fortalecimento da diplomacia climática —, o TFFF passou a ser reposicionado como parte de uma estratégia abrangente de transformação ecológica, articulando-se tanto com mercados regulados de carbono quanto com parcerias internacionais. Em 2024 e 2025, o mecanismo ganhou visibilidade crescente em fóruns multilaterais, como a Semana de Ação Climática de Londres e a Cúpula do BRICS no Rio de Janeiro, onde recebeu manifestações de apoio de países-chave, incluindo Noruega, Reino Unido, Colômbia, Indonésia e Emirados Árabes Unidos, e mais recentemente, a China sinalizou interesse em investir no fundo, reforçando seu potencial de captação.

De maneira adicional, a comunidade científica, a partir da necessidade de uma mudança comportamental a respeito da preservação e gestão ambiental, começou a se envolver e abordar em maior profundidade, esse enfoque ambiental, e muitos autores agregam-se a questões no que tange à importância das florestas tropicais, tal qual foi o caso de Hansen (2020), que analisa sobre áreas de grande biodiversidade equatorial - *hospots* - em continentes variados que precisam de proteção governamental, uma vez que, muitas dessas áreas de alto valor ainda não possuem proteção legal adequada e estão sob considerável ameaça de degradação. No contexto dessa abordagem, o TFFF, se enquadraria com plena compatibilidade diante da necessidade global vista e analisada conforme o autor, em virtude de sua integração internacional na defesa ecológica dessa zona de vegetação densa.

Ainda assim, os desafios permanecem expressivos, devido a captação integral do fundo inicial continuar sendo um obstáculo, e a criação de uma governança robusta e transparente exigir negociações complexas, especialmente em torno da participação equitativa de países detentores de florestas tropicais. Cumpre acrescentar que, resistências políticas internas e externas podem retardar a consolidação do processo, apesar disso, há sinais encorajadores, como o crescimento do consenso científico sobre a urgência de proteger as florestas tropicais, Hansen (2020), somado ao avanço dos mercados de carbono que estão rumo a uma maior transparência e padronização, conjugado a um maior apetite de investidores institucionais por ativos ambientais juntamente ao acúmulo de experiências valiosas oriundas de iniciativas anteriores como o REDD+ e o Fundo Amazônia.

Diante desse cenário, o futuro do TFFF pode seguir múltiplas trajetórias, uma vez que dentro de um quadro mais restrito, atuará como complemento a outros mecanismos, com alcance limitado, ao passo que em um caminho intermediário, poderá evoluir gradualmente para um modelo multifacetado, incorporando lições aprendidas e ajustando seus instrumentos financeiros, já em um âmbito de cenário mais promissor, após a COP 30 em Belém (2025), o TFFF se consolidará como referência global em financiamento climático, com capacidade de assegurar recursos anuais estáveis e duradouros para dezenas de países tropicais. O Fundo, portanto, representa mais do que um mecanismo financeiro: é uma resposta histórica a um dos maiores dilemas da governança ambiental — como garantir investimento permanente e confiável para a proteção das coberturas tropicais

— dado que se implementado com eficácia, transformará em realidade a concepção pioneira de Kenneth Lay (2018) e poderá tornar-se um marco na história da cooperação internacional, oferecendo um modelo replicável para a preservação de ecossistemas críticos em todo o mundo.

3. Estudo comparativo dos fundos

Nessa seção será realizada uma análise de cada componente do TFFF e do Fundo Amazônia, com intuito de efetuar uma comparação entre eles e, dessa forma, visualizar os prós e contras de cada um, além de mostrar suas particularidades. Assim, na seção 3.1 é apresentado as convergências, ou seja, é mostrado suas similaridades, uma vez que o TFFF possui partes do seu modelo inspiradas no Fundo Amazônia, o qual é amplamente utilizado como molde ao redor do mundo. Além disso, na seção 3.2 é possível visualizar um estudo sobre suas divergências, as quais devem prestar atenção caso seja realizado uma substituição do Fundo Amazônia pelo TFFF.

3.1 Diretrizes e Proximidades, Como se Complementam?

Tanto o Fundo Amazônico quanto o TFFF possuem como objetivo central a preservação do meio ambiente, sendo que ambos foram desenvolvidos com a meta de reduzir o desmatamento, conservar a biodiversidade e promover a sustentabilidade. Nesse sentido, a proteção das florestas tropicais não é apenas um fim em si mesmo, mas também uma estratégia para mitigar mudanças climáticas, preservar serviços ecossistêmicos e garantir um futuro ambientalmente seguro. A preservação da Amazônia é, portanto, relevante para os dois fundos, sendo reconhecida como patrimônio natural e estratégico, cuja degradação representa diversos riscos globais ao meio ambiente.

Sob essa ótica, ambos os fundos adotam uma abordagem colaborativa e multissetorial, envolvendo governos nacionais e subnacionais, sociedade civil, comunidades tradicionais, organizações não governamentais, agências internacionais e setor privado. Essa composição permite a combinação de saberes técnicos, jurídicos, comunitários e ambientais. Ao passo que o Fundo Amazônia apresenta uma governança mais institucionalizada via BNDES, o TFFF busca atrair atores globais e investidores com diferentes perfis, incluindo bancos de desenvolvimento e fundos de impacto. Acresce que, os dois programas utilizam modelos híbridos que alinham recursos públicos e privados para financiar a conservação das florestas: o Fundo Amazônia concentra-se no Brasil, contando com a participação de governos estrangeiros, empresas privadas e comunidades locais e povos indígenas, enquanto o TFFF atua globalmente, mobilizando capital diversificado e destinando parte dos recursos a povos indígenas e comunidades tradicionais, evidenciando assim, o fortalecimento da governança, a ampliação do alcance financeiro e a transição para ações de preservação mais eficazes e inclusivas.

Outrossim, o Fundo Amazônia está diretamente alinhado ao mecanismo internacional REDD +, cujo principal objetivo é financiar projetos que reduzam o desmatamento na Amazônia (BNDES, 2023), promovendo o uso sustentável das florestas e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, apoia as metas brasileiras do Acordo de Paris e está em conformidade com a Convenção sobre Diversidade Biológica, incentivando a conservação da biodiversidade. O TFFF, por sua vez, está alinhado ao Acordo de Paris e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (UNEP, 2022), especialmente os relacionados à ação climática, à conservação da vida terrestre e às parcerias globais. Ele integra os princípios do REDD + e mobiliza recursos públicos e privados para combater as alterações climáticas, ao mesmo tempo em que promove o

desenvolvimento ecológico em regiões tropicais, reforçando o compromisso internacional com o financiamento verde.

Ressalte-se também que ambos os fundos adotam o princípio do pagamento por desempenho ambiental, segundo o qual os recursos financeiros são liberados exclusivamente após a comprovação de resultados concretos, como a redução das taxas de desflorestamento, a restauração de áreas degradadas ou a geração de créditos de carbono. Esse modelo fomenta a responsabilidade, o rigor técnico no planejamento e a execução eficaz dos projetos, além de desencorajar práticas meramente simbólicas ou ineficazes. Assim assegura-se que o financiamento seja alocado de forma equitativa, premiando aqueles que efetivamente promovem impactos ambientais positivos. Nesse cenário, a ferramenta REDD+ revela-se imprescindível para os fundos em questão, configurando-se como um mecanismo internacional da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que estimula países em desenvolvimento a reduzir as emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, mediante remuneração pelo carbono evitado. Ademais, o REDD+ atua como padrão de certificação internacional, facilitando a medição e a verificação dos impactos ambientais, o que reforça que a adoção dessa ferramenta aproxima os referidos fundos das melhores práticas globais de conservação.

Vale destacar que o Fundo Amazônia seleciona projetos com base no potencial de redução da exploração florestal, na mitigação das emissões de gases de efeito estufa e na viabilidade técnica e econômica, considerando também os benefícios socioambientais para as populações locais. Os indicadores aplicados monitoram a área de floresta conservada, o carbono evitado e a eficiência financeira, além de avaliar a participação e os direitos de comunidades tradicionais. O acompanhamento é contínuo, com relatórios técnicos, auditorias e avaliações periódicas para ajustes. Quanto ao TFFF, com um modelo híbrido de financiamento público e privado, prioriza projetos alinhados a compromissos internacionais –como o Acordo de Paris– e que atraíam investimentos privados. Seus indicadores incluem a mitigação de emissões, a escala dos projetos e o uso de tecnologias inovadoras para monitoramento. Somado a isso, ele valoriza o fortalecimento das comunidades, a proteção territorial, a equidade de gênero e a transparência, e sua avaliação combina dados ambientais, sociais e financeiros, com monitoramento digital em tempo real e auditorias independentes.

Nessa perspectiva, a Amazônia apresenta-se como prioridade estratégica para os países, pois é a maior floresta tropical do planeta e desempenha um papel fundamental no equilíbrio climático global, ao absorver grandes quantidades de carbono. Além disso, abriga uma biodiversidade única e garante a proteção de comunidades indígenas que dela dependem para viver, o que torna sua preservação essencial tanto para o cumprimento de acordos internacionais de combate ao aquecimento global quanto para a manutenção da estabilidade ambiental e econômica em escala regional e mundial. Cabe destacar, portanto, que ambos os fundos partilham a compreensão de que a conservação da floresta deve caminhar junto com a melhoria das condições de vida das populações locais, apoiando projetos que ofereçam alternativas sustentáveis à exploração predatória, que fortaleçam cadeias produtivas de base verde e ampliem o acesso à educação, saúde e infraestrutura.

3.2. A Questão das Divergências

Sob outras perspectivas, o Fundo Amazônia atua exclusivamente na Amazônia Legal brasileira, financiando projetos locais, estaduais e interestaduais voltados à conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável da região. Seu financiamento é composto majoritariamente por doações internacionais, sobretudo dos governos da Noruega e

da Alemanha, que figuram entre os principais contribuintes, podendo também receber recursos do governo brasileiro, de instituições governamentais e não governamentais interessadas na preservação da floresta, bem como de mecanismos relacionados a créditos de carbono e outros instrumentos de financiamento climático. Vale destacar que a antiga Lei nº 1.806/1953 também previa uma atuação restrita à Amazônia Legal, porém sob um viés desenvolvimentista e produtivista, sem compromissos com a sustentabilidade ambiental. Já o TFFF possui um escopo internacional, abrangendo diversos países tropicais —como Indonésia, Congo, Peru e o próprio Brasil— com foco em biomas tropicais em geral, e não apenas na Amazônia. Diferentemente do Fundo Amazônia, o TFFF adota um modelo híbrido de financiamento, combinando aportes públicos e privados, o que lhe permite atrair investimentos de bancos, fundos e empresas, além de contar com recursos de governos e instituições multilaterais.

Acresce que o Fundo Amazônia possui uma estrutura mais tradicional e apresenta menor maleabilidade contratual, operando principalmente com doações não reembolsáveis e seguindo regras rígidas definidas pelo BNDES, que é o gestor do fundo. Os contratos são padronizados, com foco em projetos públicos ou da sociedade civil, e devem atender a critérios técnicos e ambientais preestabelecidos, e essa estrutura, embora garanta controle e transparência, limita a capacidade de inovar nos arranjos financeiros. Por outro lado, o TFFF foi criado com maior flexibilidade contratual, adotando um modelo de financiamento misto que permite a combinação de recursos públicos, privados e filantrópicos de forma mais dinâmica, podendo, assim, estruturar contratos variados — como doações, garantias, empréstimos concessionais ou instrumentos financeiros integrados — adaptando-se às necessidades de cada projeto, país ou parceiro, permitindo que essa plasticidade facilite o envolvimento do setor privado e a atração de investimentos em escala.

No que se diz respeito à participação do setor privado, observa-se que, no Fundo Amazônia, ocorre de forma indireta, geralmente por meio da execução de projetos ou de parcerias institucionais, o que contribui para uma maior transparência, com a disponibilização pública de dados referentes a projetos, valores, metas e resultados. Já, no TFFF, a atuação privada se dá diretamente como investidores podendo financiar, operar e até gerir projetos, o que atrai capital, mas também levanta preocupações quanto à priorização do lucro em detrimento da conservação ambiental. Ademais, o TFFF não divulga integralmente suas informações, sobretudo em razão da participação de fundos privados sujeitos a cláusulas de confidencialidade.

Ressalte-se que a Lei nº 1.806/1953, que instituiu o fundo original da Amazônia, não contempla qualquer papel para entidades privadas na gestão dos recursos e previa apenas a prestação de contas ao Congresso Nacional, sem estabelecer um sistema de transparência pública, o que, em parte, explica as limitações observadas posteriormente. Essa legislação foi posteriormente revogada pela Lei nº 5.173/1966, o que representou uma inflexão no planejamento da Amazônia. O modelo anterior, conduzido pela Superintendência de Valorização da Amazônia (SPVEA), era regionalizado e buscava considerar as particularidades locais, e com a nova legislação, prevaleceu um planejamento nacional unificado, baseado em metas fiscais e governança centralizada, o que reduziu a autonomia da região na formulação de políticas próprias. Em 1967, a criação da SUDAM deu continuidade à gestão amazônica, mas com foco na integração da região à economia nacional por meio de grandes projetos e estímulo ao capital privado, alinhando-se à lógica desenvolvimentista do regime militar e afastando-se de estratégias voltadas às suas singularidades sociais, econômicas e ambientais.

Importa frisar também que o Fundo Amazônia está sob jurisdição nacional brasileira, o que significa que todos os contratos firmados seguem as leis provenientes do Brasil,

com gestão feita pelo BNDES. Dessa forma, qualquer disputa ou questão legal é tratada dentro do sistema jurídico brasileiro, reforçando a soberania nacional sobre os recursos. Em contrapartida, o TFFF foi estruturado com governança e contratos internacionais, podendo operar sob jurisdições estrangeiras ou neutras, o que o torna mais atrativo para investidores privados e países doadores, ao oferecer segurança jurídica internacional e maior previsibilidade contratual, especialmente em contextos de investimentos complexos e de longo prazo. É crucial salientar que, os projetos do Fundo Amazônia geralmente têm duração de curto a médio prazo, entre dois e cinco anos, com foco em ações imediatas como combate ao desmatamento, fortalecimento institucional e apoio a comunidades locais, buscando executar, monitorar e apresentar resultados em ciclos relativamente rápidos. Em dissonância, o TFFF atua com projetos de longo prazo, que podem se estender por dez anos ou mais, considerando que suas ações envolvem mudanças estruturais, como restauração florestal, transição produtiva e atração de investimentos privados, as quais demandam mais tempo para gerar impactos duradouros e mensuráveis.

Cumprе assinalar que o Fundo Amazônia apresenta predominantemente um risco de natureza institucional, vinculado a eventuais interrupções políticas, mudanças de governo e fragilidades na execução dos projetos. Destaca-se, ainda, que a antiga Lei nº 1.806/1953, embora também tenha instituído um fundo público a fundo perdido, praticamente desconsiderava os riscos ambientais, limitando-se à avaliação de riscos administrativos e desprovida de condicionantes ambientais específicas. Já o TFFF incorre em um risco essencialmente financeiro, pois depende do retorno sobre investimentos realizados. Tal risco é, em grande parte, transferido aos investidores, mas repercute igualmente sobre os objetivos de conservação, especialmente quando os projetos não alcançam a rentabilidade esperada. O Fundo Amazônia, por sua vez, caracteriza-se por ser integralmente não reembolsável, enquanto o TFFF opera mediante instrumentos reembolsáveis ou vinculados à expectativa de retorno tanto ambiental quanto financeiro, o que revela modelos distintos de incentivo ao desenvolvimento responsável.

Em última análise, a participação social e local no Fundo Amazônia é limitada, com pouca influência direta das comunidades e povos indígenas nas decisões e no acompanhamento dos projetos, isso o torna mais técnico e governamental, com reduzida participação popular. Em contraste, o TFFF busca envolver amplamente comunidades tradicionais, povos indígenas e a sociedade civil, promovendo consultas públicas e participação ativa para garantir que os projetos reflitam as necessidades locais e tenham maior legitimidade. Nesse contexto, o risco de greenwashing incide no Fundo Amazônia devido à baixa transparência e participação reduzida, dificultando a avaliação dos impactos e gerando dúvidas sobre a efetividade das ações de conservação. Analogamente, no TFFF, esse risco também existe, pois, ao alinhar conservação com interesses de mercado, algumas empresas podem utilizar o fundo para melhorar sua imagem ambiental sem mudanças reais, e para enfrentar isso, o TFFF adota mecanismos de transparência, avaliações rigorosas e maior participação social, embora os desafios persistem.

4. Parâmetros de resultados do TFFF e os dados atuais do Fundo Amazônia

A partir da análise parametral referente ao TFFF, é possível identificar desdobramentos futuros relevantes quanto ao fundo em questão, considerando que o foco principal recai sobre a conservação da cobertura florestal intacta nos países detentores. Nesse contexto, os indicadores de resultados futuros estão diretamente relacionados à extensão de floresta tropical e subtropical úmida que permanecer preservada, sem ocorrência de desmatamento, permitindo mensurar de forma precisa a efetividade das políticas de conservação e proteção ambiental. Esses indicadores não apenas refletem a quantidade

de área mantida, mas também fornecem informações essenciais sobre a integridade ecológica desses ecossistemas, que são críticos tanto para a manutenção da biodiversidade quanto para a regulação climática, e além disso, tais parâmetros permitem acompanhar tendências e eventuais alterações nos padrões de uso da terra, servindo como base para ajustes estratégicos nas políticas do fundo e fortalecendo a governança ambiental de longo prazo

Ademais, delinea-se uma projeção ulterior com relação a supervisão dessas coberturas, considerando que o emprego de ferramentas de monitoramento por satélite se mostra de suma importância para assegurar a conservação da cobertura florestal. Sob essa perspectiva, por meio da análise contínua de imagens de satélite, torna-se possível acompanhar de forma detalhada a evolução das áreas florestais, identificar possíveis ameaças, e planejar ações preventivas e corretivas de proteção, tendo em vista que, esses dados oferecem subsídios valiosos não apenas para a formulação e implementação de políticas públicas, mas também para o planejamento territorial, programas de sustentabilidade e iniciativas de conservação ambiental em escala regional e global. Desse modo, o monitoramento por satélite contribui para a avaliação da eficácia das estratégias de preservação, permitindo ajustes dinâmicos e assertivos, garantindo, assim, a manutenção da integridade dos ecossistemas e do equilíbrio ambiental.

De forma complementar, subsistem projeções de imposições financeiras do TFFF a países que apresentarem aumento no desmatamento, o que constitui uma medida estratégica e eficaz para incentivar a preservação das florestas, e ao aplicar penalidades econômicas proporcionais à degradação ambiental, busca-se responsabilizar as nações pelos impactos de suas atividades sobre os ecossistemas florestais, promovendo maior consciência sobre a necessidade de práticas sustentáveis. Ainda mais, essa abordagem funciona como um mecanismo de pressão contínua para a redução do desmatamento, ao mesmo tempo em que estimula a formulação e implementação de políticas de manejo sustentável, recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade, sendo assim uma medida que não apenas reforça a importância de ações coordenadas em âmbito internacional, mas também evidencia a urgência de compromissos coletivos para proteger os biomas mais vulneráveis, garantindo a preservação dos recursos naturais para as gerações atuais e futuras.

Por sua vez, desde 2008 até o cenário vigente, o Fundo Amazônia capta recursos nacionais e internacionais para financiar projetos que visam prevenir, monitorar e combater o desmatamento, além de promover a conservação e o uso sustentável da floresta. Dessa forma, entre suas principais áreas de atuação estão: a gestão de florestas públicas e áreas protegidas, o acompanhamento e fiscalização ambiental, o manejo florestal sustentável, o desenvolvimento de atividades econômicas compatíveis com a preservação da vegetação nativa, o zoneamento ecológico e financeiro, a conservação e uso sustentável da biodiversidade, e a recuperação de áreas desmatadas. E em vista disso, até 20% dos recursos do Fundo podem ser utilizados para apoiar o desenvolvimento de mecanismos de acompanhamento e gestão do desmatamento em diferentes biomas do Brasil e em nações tropicais, exibindo, então, o compromisso do fundo com diretrizes sustentáveis e com iniciativas para restaurar ecossistemas comprometidos.

Já a respeito do monitoramento da degradação florestal, o Fundo Amazônia o desenvolve de forma mais sistemática, utilizando indicadores específicos e dados de satélite - iguais aos do TFFF - para acompanhar a saúde das florestas, além de apontar regiões suscetíveis. Destarte, em 2025, segundo informações do SAD (Sistema de Alerta de Desmatamento), do Imazon (2021), a Amazônia Legal registrou 33.807 km² de floresta degradada, representando um aumento de 482% em relação ao período anterior, quando

a área degradada foi de 5.805 km², sendo que Pará e Maranhão concentraram 89% do impacto, principalmente devido a queimadas e extração madeireira. Nesse contexto, o Fundo Amazônia apoia programas de supervisão, como o SAD, favorecendo assim a observação detalhada das transformações na cobertura vegetal e a aferição dos resultados das políticas de preservação.

Nesse cenário, para combater o desmatamento ilegal, o Fundo Amazônia tem investido significativamente em fiscalização e controle. A título de exemplo, de acordo com o Governo Federal, em 2024, foram destinados R\$ 825,7 milhões ao projeto FORTFISC, que visa fortalecer as atividades de fiscalização do Ibama por meio de sistemas digitais de gerenciamento de infrações, rastreamento de produtos florestais, emissão de certidões ambientais e implementação do Sistema de Monitoramento do Desmatamento Zero (LabDeZ). E em 2025, o governo reforçou esses esforços destinando R\$ 210 milhões para novas iniciativas: R\$ 150 milhões foram alocados ao programa “União com os Municípios pela Redução de Desmatamento e Incêndios Florestais”, voltado a 48 municípios prioritários, e R\$ 60 milhões ao projeto “Prospera na Floresta”, destinado ao desenvolvimento sustentável em comunidades tradicionais.

Nessa óptica, esses investimentos refletem o dever contínuo do Fundo em integrar conservação ambiental, desenvolvimento sustentável e justiça social, reconhecendo a importância central das populações indígenas e comunidades tradicionais na proteção das florestas, isso por meio da combinação de uma gestão minuciosa, fiscalização efetiva e apoio a iniciativas produtivas sustentáveis. Por conseguinte, a atuação do Fundo Amazônia demonstra que a proteção da floresta tropical não depende apenas de políticas públicas isoladas, mas de uma abordagem integrada que combina ciência, tecnologia, governança e engajamento social, e com esses esforços, é possível avançar na manutenção das áreas de floresta conservada, reduzir os impactos ambientais das atividades humanas e garantir a sustentabilidade a longo prazo da Amazônia e dos serviços ecossistêmicos que ela fornece, essenciais não apenas para o Brasil, mas para o equilíbrio climático global.

Considerações Finais

Nessa seção, o trabalho mostra as questões comparativas entre o TFFF e o Fundo Amazônia, segmentando características individuais e comuns de cada um. Assim sendo, com especial atenção, o TFFF apresenta uma iniciativa de engajamento do setor privado significativamente mais robusta do que a observada no Fundo Amazônia, que atua de maneira predominantemente indireta nesse sentido. Tal diferença se deve ao fato de que, no caso do TFFF, a participação da esfera privada/financeira não se limita apenas a contribuições pontuais, mas se estende a um apoio estratégico e orçamentário contínuo, capaz de fortalecer a execução de projetos, ampliar a captação de recursos e fomentar soluções inovadoras. Dessa forma, o *Tropical Forest Forever Facility* se beneficia de um modelo de cooperação mais dinâmico e integrado, no qual o setor privado desempenha um papel central na viabilização de suas metas e no alcance de resultados de longo prazo.

Para mais, ambos os Fundos não apresentam um nível de transparência compatível com as melhores práticas internacionais, como aquelas recomendadas pelo *European Union State Aid*. Logo, a lacuna de transparência se manifesta na ausência de divulgação clara, consistente e sistemática de informações essenciais, incluindo dados detalhados sobre os recursos aplicados, a destinação dos investimentos, os resultados efetivamente alcançados, os avanços obtidos em cada iniciativa e a maneira como essas ações contribuem para os objetivos estratégicos dos Fundos. Como consequência, tanto o público quanto os agentes interessados ficam privados de uma visão completa sobre a eficácia

e o impacto dessas iniciativas, comprometendo não apenas a avaliação crítica de seu desempenho, mas também a confiança e a responsabilização institucional, elementos fundamentais para a governança pública e a tomada de decisões informadas.

Em adição, não há clareza sobre a definição do corpo responsável pela governança do TFFF, o que gera incertezas quanto à sua composição, autoridade e mecanismos de tomada de decisão. E, considerando que se tratará de uma estrutura de caráter internacional, existe o risco de que suas ações e prioridades não atendam plenamente às necessidades e especificidades brasileiras, podendo haver desalinhamento em relação às políticas e demandas locais. Dessa forma, essa situação contrasta significativamente com o Fundo Amazônia, cuja gestão é regulamentada e supervisionada pelo BNDES, uma instituição pública brasileira, o que garante maior proximidade com a realidade nacional, transparência na alocação de recursos e alinhamento direto com os objetivos de conservação e desenvolvimento sustentável do país.

Somado a isso, os projetos a serem executados pelo Fundo Amazônia tendem a ser, em média, planejados e estruturados para curto e médio prazos, permitindo uma implementação relativamente ágil e resultados mais rapidamente mensuráveis. Já o TFFF apresenta uma característica distinta, com foco predominante em iniciativas de longo prazo, refletindo a natureza morosa e gradual de suas atividades. Posto isso, essa orientação estratégica de longo prazo implica que os efeitos de seus projetos poderão se manifestar apenas ao longo de anos, exigindo acompanhamento contínuo, avaliação persistente e paciência tanto por parte dos gestores quanto dos financiadores, além de demandar mecanismos robustos de monitoramento para garantir que os objetivos de conservação e desenvolvimento sustentável sejam efetivamente alcançados ao longo do tempo.

Conjuntamente, os dois Fundos dispõem de ferramentas de fiscalização baseadas em tecnologia de satélites, sendo essa ferramenta utilizada de forma expressiva pelo Fundo Amazônia e prevista para implementação em breve pelo TFFF. Nesse sentido, o objetivo central desses sistemas é captar imagens e dados detalhados de áreas verdes, permitindo o monitoramento contínuo da cobertura florestal, a detecção de desmatamentos irregulares e a avaliação da eficácia das políticas de preservação ambiental. Por conseguinte, tais mecanismos não apenas aprimoram o controle sobre o uso do solo, mas também fornecem subsídios técnicos essenciais para a tomada de decisões estratégicas, promovendo uma gestão mais eficiente e fundamentada em evidências concretas.

Portanto, com base na análise, a despeito de apresentarem focos significativamente distintos, o objeto de preservação de ambos os fundos é bastante similar, centrando-se na proteção e manutenção da Amazônia, um território que exerce papel crucial para a soberania brasileira e para o equilíbrio ambiental global. Desse modo, conhecida como o “pulmão do mundo”, a floresta amazônica desempenha funções vitais para o planeta: suas extensas áreas verdes absorvem grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) e liberam oxigênio, contribuindo de maneira decisiva para a regulação do clima global, mitigando os efeitos do aquecimento e do efeito estufa, além de preservar a biodiversidade única da região e garantir recursos naturais essenciais para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

BAFTI, A. (2024). Cooperação Sul-Sul e REDD+ na ordem ambiental internacional: contribuição do Fundo Amazônia. *Revista NEIBA – Cadernos Argentina-Brasil*, 13(2).

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2013, fevereiro). *Documento de Projeto: Fundo Amazônia*.

- BNDES. (2023a). *Fundo Amazônia: Resultados e Relatórios*. Rio de Janeiro: BNDES.
- BNDES. (2023b). *Governança do Fundo Amazônia*.
- BNDES. (2023c). *Doações recebidas pelo Fundo Amazônia*.
- BNDES. (2023d). *Retomada dos projetos do Fundo Amazônia: Nota técnica*.
- Bizzo, E., & Michener, G. (2023). Fostering sustainable production via the Amazon Fund collaborative platform. *Sustainable Development*.
- Brasil. (1953). *Lei nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a Superintendência da sua execução e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Brasil. (1966). *Lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Brasil. (1967). *Decreto nº 291, de 28 de fevereiro de 1967. Estabelece incentivos para o desenvolvimento da Amazônia Ocidental da Faixa de Fronteiras abrangida pela Amazônia e dá outras providências*.
- Brasil. (2008). *Decreto nº 6.527, de 31 de julho de 2008. Dispõe sobre o estabelecimento do Fundo Amazônia pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Center for Global Development. (2018). *Creating a Multilateral Wealth Fund for a Global Public Good: Proposed Approach to Assessing Performance and Awarding Returns for a Tropical Forest Finance Facility*.
- CGU – Controladoria-Geral da União. (2021). *Relatório de Auditoria sobre os recursos do Fundo Amazônia*.
- Green Finance Observatory. (2024, outubro). *The many questions raised by the Tropical Forests Forever Facility*.
- Greenpeace Internacional. (2023). *High Integrity Forest Finance: Learning from Past Mistakes in the Development of the Tropical Forest Forever Facility*.
- ITAMARATY. (2023). *Diplomacia Climática Brasileira – Relatório de Ações 2023*. Brasília: MRE.
- Kasa. (2022). *The Amazon Fund: From International Model to Political Obstruction*. KASA – Ecumenical Network.
- Ministério do Meio Ambiente e Mudança Climática. (2024). *Tropical Forest Finance Facility (TFFF): Innovative large scale financial incentive to reward tropical forest countries who successfully keep their forests standing [Concept note]*. Ministério do Meio Ambiente e Mudança Climática.
- MMA. (2024). *Documento-base para a COP 30*.
- NORAD – Norwegian Agency for Development Cooperation. (2019). *Norway suspends payments to the Amazon Fund*.
- Tropical Forest Forever Facility. (2025). *Tropical Forest Forever Facility official website*.
- Tropical Forest Forever Facility. (2025, 24 de fevereiro). *TFFF versão 2: Nota Conceitual*. Fundação Solón.
- UN-REDD Programme. (2025). *UN-REDD Programme official website*.
- UNEP – United Nations Environment Programme. (2022). *Green Finance and Tropical Forests: The Role of the TFFF*.

UNFCCC. (2015). *Paris Agreement*.

UN REDD. (2022, novembro). *Making good on the Glasgow Climate Pact*.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (n.d.). *Establishing a Dedicated Fund for Loss and Damage*.

UK COP26. (2023). *UK COP26 official website*. World Bank. (2024). *Funding for Loss and Damage*.

UNFCCC. (2023). *Operationalization of the funding arrangements for responding to loss and damage*.

Hansen, A. J., Burns, P., Ervin, J., et al. (2020). *A policy-driven framework for conserving the best of Earth's remaining moist tropical forests*.

Agência BNDES de Notícias. (2025, 3 de junho). *Governo Federal anuncia R\$ 825,7 mi do Fundo Amazônia para maior projeto de combate ao desmatamento ilegal do Ibama*.

Amorim, L., Ferreira, R., Dias, M., Souza Jr., C., & Veríssimo, A. (2025, 30 de julho). *Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) – Junho de 2025. Imazon*

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). (2025, 3 de junho). *Ibama recebe maior investimento do Fundo Amazônia para fortalecer fiscalização ambiental na Amazônia Legal*.

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). (2025, 12 de agosto). *MMA e BNDES celebram 17 anos do Fundo Amazônia em Manaus com anúncio de mais de R\$210 milhões em investimentos*.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. (2025, julho). *Tropical Forest Forever Facility (TFFF)*.

THE CARBON MARKET IN BRAZIL: A MICROECONOMIC ANALYSIS OF THE EMISSIONS TRADING SYSTEM (ETS) AND ITS CHALLENGES

Renan Videira Vieira

Maria Eugenia Carvallo

Abstract

This article examines the carbon credit market in Brazil from a microeconomic perspective, addressing its formation, institutional evolution, and theoretical foundations. It begins with the context of international agreements such as the Kyoto Protocol and the Paris Agreement, which led to the creation of the Brazilian Emissions Trading System (SBCE), established by Law No. 15,042/2024. The study analyzes the transition from a voluntary market to a regulated system in which companies trade carbon credits under emission targets defined by the State. It also discusses the main agents involved in supply and demand, pricing mechanisms, and regulatory implications that shape market equilibrium. The approach further considers the incentives for technological innovation, the adoption of ESG practices, and the challenges of reconciling economic growth with environmental sustainability.

Keywords

Carbon Market, Emissions Trading System (ETS), Environmental Economics, Sustainability, Regulation.

1. INTRODUCTION

As stated in the “*Kyoto Protocol*” (Japan, 1997), the international community acknowledged the necessity of adopting binding commitments to reduce GreenHouse gas (GHG) emissions, elevating climate agreements to a central position in the policy agenda of the 197 United Nations member states, under the coordination of the United Nations Environment Program (UNEP). Within this institutional setting, the Emissions Trading System (ETS) emerged as a market-based mechanism grounded in the principles of the Coase Theorem and Pigouvian taxation, designed to internalize the negative externalities associated with emissions while preserving allocative efficiency. By establishing a cap on total emissions and allowing firms to trade allowances, the ETS enables pollution reduction at the lowest marginal abatement cost, consistent with the theory of cost-effectiveness in environmental policy. This structure aligns with the cap-and-trade framework, in which market forces determine the shadow price of carbon, thus incentivizing technological innovation and efficient resource allocation. Building on these foundations, the *Paris Agreement* — adopted at COP21 in 2015 and ratified by 190 countries — reinforced the cooperative trajectory by setting the objective of limiting the increase in the global average temperature to well below 2°C. embedding climate targets within the broader context of sustainable economic development and a just energy transition.

Professor at Oxford Raworth, creator of the term Doughnut Economy, 2017, highlights the urgent concern with the excess of industrial productivity in contrast to the degradation of the Environment and especially the health and well-being of the population. Considering Raworth’s concerns and recognizing the accelerated growth of industrial productivity in Brazil, it is essential to find a tool to balance sustainability with economic development. For this reason, Brazil officially ratified its accession to the Kyoto Protocol in 2002. Consequently, the Mercantile and Future Exchange (BM&F) created the Brazilian Emissions Reduction Market (SBCE, in Portuguese), approved in October 2024, with a focus on complying with the Protocol’s commitments. The SBCE was an important step in the construction of the current carbon credit market system in Brazil, encouraging the reduction of GHG through a system in which companies could acquire credits corresponding to their emissions and trade them with other organizations. However, the proposed resolution (law 15.042/2024) still requires adequate reconfiguration, as it was a mostly voluntary and flexible market.

Continuing to encourage more sustainable productivity, in 2016, Brazil ratified the Paris Agreement, marking a significant evolution in environmental protection measures and commitment to reducing GHG emissions. Despite the challenges that make it difficult to practice the measures, Brazil continues to make progress to mitigate this impact. In this context, Brazil introduced law 15.042, creating the SBCE, also known as the Carbon Credit Market on December 11, 2024. Unlike the SBCE, this new system is a regulated environment, in which GHGs are limited by previously established targets, and companies can trade “assets representing the emission, emission reduction or removal of GHG in the country” (Art.3).

This article analyzes the carbon credit market in Brazil, from a microeconomic perspective, addressing its historical evolution, impact on companies, and operations, and the challenges that arise from this new system. Through this analysis, the opportunities that this system offers for sustainable economic development will be presented.

2. LITERATURE REVIEW

The market of Carbon exchanges and credits is studied by game theory. The importance of article “Application of Game Theory in Carbon Trading Mechanism” produced by Wang and Wang that explains the use of game theory according to its three categories: balance between carbon reduction and economic growth, strategic decisions that are summarized in economic and social interest in international relations and the internal market, symbol of relations between companies. Thus, Stackelberg’s model can be applied when the government regulates commercial relations and companies react based on the limits and determinations of credits (Kourush and Ashkan). In evolutionary games, when there is a reduction adjustment (Jialin et al and Song et al) in cooperative games, since in situations of low carbon intensity, companies receive more quotas in the future in view of the evaluation of optimal environmental policies (Hong et al).

Given this perspective, a practical application of game theory emerges in the strategic interaction between two companies deciding whether to purchase additional carbon credits or invest in renewable energy, with the latter also enhancing corporate reputation through the adoption of Environment, Social, Governance (ESG) principles. From a microeconomic standpoint, each choice entails trade-offs that must be evaluated to identify both the Pareto optimal outcome and the Nash equilibrium. If both companies choose to invest in renewable energy, the result represents a Pareto optimum, as society benefits from lower emissions and higher ESG standards, while firms experience reduced long-term costs by avoiding recurring expenditures on carbon credits. Conversely, if one firm invests while the other purchases credits, the outcome yields only moderate returns due to strategic asymmetry: the investing firm incurs higher upfront costs, and the non-investing firm faces sustained expenses over time. Finally, if both firms rely exclusively on credit purchases, they face persistent long-term costs, continued emissions, and potential exposure to regulatory penalties (Green PFR).

Beyond individual firm strategies, sector-level cooperation—through voluntary or regulated agreements that set common emission-reduction targets—can create an environment of collective commitment. Mechanisms such as joint R&D initiatives or business consortia for clean-technology development enable cost-sharing, thereby lowering financial risk and improving adoption feasibility, especially for medium-sized enterprises(quotation). In parallel, government intervention through subsidies and tax incentives can strengthen the financial attractiveness of sustainable investments, while stricter penalties for excessive reliance on offsets can discourage market dependence on credit purchases, fostering a more balanced and innovation-driven decarbonization pathway.

Another central element is the State’s action through public subsidies and tax incentives, which make investment decisions in sustainable innovation more attractive (GREEN PFR, INESC). On the other hand, regulation can be strengthened with the application of severe penalties for companies that, when exceeding their emission limits, opt for excessive credit purchases as the standard solution, discouraging the market’s dependence on offsets. Reputational factors and growing pressure from stakeholders — such as institutional investors, conscious consumers, and ESG certification bodies — also influence companies’ strategic decisions. The search for legitimacy and alignment with sustainability criteria has become a competitive advantage, reinforcing the importance of a business performance focused on long-term environmental responsibility.

The structure aimed at offsetting emissions through carbon credits, both in the voluntary and regulated models, is composed of three types of actors with different specific functions: supply actors, demand actors, and cross-cutting actors. To understand the impact of carbon market regulation in Brazil, with the implementation of law 15.042/2024, it is

necessary to analyze both the actors in the voluntary market and the changes resulting from its regularization, now involving a national public authority and new legal requirements on credits. This analysis is based on the report made in 2022 by the International Chamber of Commerce (ICC) Brazil, "Opportunities for Brazil in Carbon Markets", which describes the voluntary market in the country, serving as a basis for assessing the effects of regulation on the supply and demand structure of carbon credits.

There are five actors that interact with each other to compose a credit offer in the market. Although the ICC Brazil report (2022) only describes the dynamics of the voluntary market, these same actors are also present in the regulated model but subject to limits and rules defined by legal standards, requiring greater formalization, institutional control, and compliance with the criteria established by the government.

Among these actors, the individual or organization responsible for taking the initiative to develop and plan the project is the project proponent. In the case of Brazil, before regularization, the ICC makes a representation of the proponents and their participation in the projects. In the regulated market, this figure remains, but with stricter formal requirements. According to article 49 at the law 15042/2024, projects must be previously registered and accepted by the SBCE and qualified as Certificates of Verified Emission Reduction or Removal (CRVE). Before starting planning, the proponent has an obligation to comply with territorial rights and inform the communities affected by the project.

Projects need a financier, that is, an agent willing to promote decarbonization by investing in the generation of carbon credits. In the regulated market, financing records are controlled and transparency about the origin of funds is mandatory. After funding, the project developer evaluates the application of the methodologies through data analysis and the implementer operates the activities, working closely with the proponent and establishing a closer relationship with the local community. Since the project already has financing, planning, and a defined methodology, it is necessary to make the appropriate technology available through technology suppliers for GHG mitigation. An important aspect that was encouraged with the new law is the purchase of national equipment, stimulating technological innovation and national development.

In demand are the buyers of the credits, that is, companies or individuals who want to offset their emissions. In the voluntary market, this purchase is optional, while in the regulated market, the purchase becomes mandatory for companies that exceed their emission quotas. They are required to acquire CRVEs or pay penalties or fines provided for in Article 22 at the law 15042/2024 in case they do not present compensatory credits. These penalties also encourage demand, creating a mechanism of economic pressure and an active and dynamic market.

In addition to the actors directly involved in generating and obtaining credits, the market structure also depends on several cross-cutting actors that ensure credibility and transparency. These actors include the registration programs (standards) that in the market transition were replaced by official registration systems, as required by the SBCE. Third-party auditors have the function of validating and verifying projects and results, and this function has become more structured and with more legal and technical requirements. A significant change in these actors is that, although government institutions were already relevant in the voluntary market, with regulation they become essential actors in the model.

In this context, the balance between supply and demand for carbon credits becomes strongly conditioned by state regulation. In the voluntary market, this balance was more unstable whereas an individual or organization could choose whether or not to participate in the market. In the regulated market, demand is driven by legal obligation, (LAW) resulting in an equilibrium that is not the result of purely market interactions, but rather

of a government-controlled system. Through a limit on who can offer and an obligation to certain agents to demand, there is a less volatile and more organized market.

With the existence of regulations and requirements that restrict the entry of suppliers, there is a limited number of suppliers. On the demand side, although the participation of certain companies is mandatory, it is a specific and restricted set of claimants. According to the concepts presented by Rubenfelt and Pindyck (YEAR), this configuration is close to an oligopoly on the supply side and an oligopoly on the demand side, characterizing a situation in which few sellers and few buyers interact, both exercising market power. However, in the regulated carbon market, this dynamic change: buyers are legally obliged to acquire credits, regardless of the price up to a certain threshold, and sellers must meet strict transparency and compliance criteria, which limits their ability to manipulate prices freely.

In addition, the product is homogeneous (quotation), that is, carbon credits are standardized and follow equivalent methodologies after verification and registration, which differentiates the market from structures such as monopolies. Finally, the market presents significant barriers to entry and exit, both for suppliers under conditions and qualifications that are mandatory for participation in the market, and for the claimants who are required to participate, reinforcing the characteristic of an oligopoly that in this case is regulated. Thus, although there are elements that refer to bilateral oligopoly, the asymmetry of power and the obligations imposed by regulation give the market unique characteristics, shaped by public policy and emission reduction targets.

3. CONCLUSIONS

The microeconomic analysis of the carbon credit market in Brazil reveals a promising, but still challenging, scenario. The Brazilian Emissions Trading System (SBCE), established by Law No. 15,042/2024, represents a substantial advance by transforming a predominantly voluntary environment into a regulated market, in which the emission of greenhouse gases is treated as a measurable economic cost. In this model, carbon credits become assets that directly influence companies' strategic decisions, creating concrete incentives for sustainable innovation.

The market structure configured after the regulation presents typical characteristics of a regulated bilateral oligopoly, in which few suppliers and few demanders interact under strong state influence. The obligation to participate, added to the legal and technical requirements, creates barriers to entry and exit, promoting stability, but also requiring greater compliance and planning efforts on the part of economic agents. As a result, production efficiency is no longer analyzed only from the perspective of profit but incorporates environmental externalities and reputational pressures, such as those derived from ESG criteria and stakeholder expectations.

As a public policy tool, the Brazilian ETS has the potential to promote not only the reduction of emissions but also the restructuring of industrial sectors, fostering the development of clean technologies and creating business opportunities. However, to ensure its effectiveness, it is necessary to strengthen regulatory frameworks, expand integration between regional markets, and foster transparency in transactions and the origin of credits.

The continued advancement of the SBCE will also depend on the ability to reconcile economic growth with climate justice. To this end, future research should focus on the distributional impacts of the carbon market, especially in more vulnerable sectors, and on the long-term effects on the country's industrial competitiveness. Only with this comprehensive look will it be possible to consolidate a robust, inclusive carbon market aligned with global decarbonization commitments.

REFERENCES

- ALENCAR, Monalisa. *Tax repercussions of the carbon credit market in Brazil*. 2025.
- BOSSY, M.; MAIZI, N.; POURTALLIER, O. *Game theory analysis for carbon auction market through electricity market coupling*. *arXiv*, 2014.
- BRASIL. *Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024*. Estabelece o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 2024.
- CUI, Beiqing; SHUI, Zhonghao; YANG, Sen; LEI, Tianyi. *Evolutionary game analysis of green technology innovation under the carbon emission trading mechanism*. *Frontiers in Environmental Science*, 2022.
- FRANKLIN JR., Sergio L.; PINDYCK, Robert S. *A supply curve for forest-based CO₂ removal*. *NBER Working Paper 32207*, mar. 2024.
- GUTIERREZ, E.; LLORCA, N.; SÁNCHEZ-SORIANO, J.; MOSQUERA, M. A. *Sustainable allocation of greenhouse gas emission permits for firms with Leontief technologies*. *arXiv*, 2024.
- ICC BRAZIL. *Opportunities for Brazil in carbon markets*. São Paulo: ICC Brasil, 2022.
- INESC. *A regulação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) no Brasil*. *Nota Técnica*, nov. 2024.
- LAVIGNE, P.; TANKOV, P. *Decarbonization of financial markets: a mean-field game approach*. *arXiv*, 2023.
- PINDYCK, Robert S. *Microeconomics*. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2014.
- RAWORTH, Kate. *Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist*. London: Random House, 2017.
- SENHORAS, Eloi. *International carbon credit market*. 2011.
- TENG, Minmin; HAN, Chuanfeng; ZHAO, Meiting; LIU, Pihui. *A strategic analysis of incorporating corporate environmental responsibility into managerial incentive design: a differential game approach*. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022.
- WANG, Feiyue; WANG, Silun. *Application of game theory in carbon trading mechanism*. *Environmental Economics Journal*, 2022.
- WELSH, L.; JAIMUNGAL, S. *Nash equilibria in greenhouse gas offset credit markets*. *arXiv*, 2024.

ANÁLISE EMPÍRICA DO PODER DE MERCADO AUTOMOBILÍSTICO BRASILEIRO E SUAS FLUTUAÇÕES DERIVADAS DA CRISE COM RELAÇÃO AO SETOR EXTERNO: 2008 A 2015.

EMPIRICAL ANALYSIS ABOUT BRAZILIAN AUTOMOBILISTIC MARKET POWER AND EXTERNAL FLUCTUATIONS DERIVED FROM CRISES: 2008 TO 2015

João Gabriel de Araujo Oliveira^[1]

Camila Ramos de Amorim^[2]

Vitória Altfuldisck Soares^[3]

Giovanna Roncato Marques de Castro^[4]

Resumo

Este artigo analisa o poder de mercado da indústria automobilística brasileira entre 2008 e 2015, com foco em sua participação no comércio internacional. A partir de dados dos sistemas Comtrade e AliceWeb, foram aplicados os índices de Vantagem Comparativa Revelada (IVCR), IVCR Simétrico (IVCRS), Market Share (MS), Taxa de Cobertura Comercial (TC) e Índice de Comércio Intraindustrial (CII). Dessa forma, os resultados obtidos indicam baixa competitividade internacional do Brasil no setor, com queda progressiva na participação global e aumento da dependência de importações. Além disso, a Argentina se destaca como principal destino das exportações brasileiras, enquanto a perda de competitividade interna está refletida nos indicadores analisados.

Palavra-chave

Industrialização Automobilística Brasileira, Comércio Internacional, Competitividade Internacional, Exportações e Importações.

[1] Professor Adjunto I de Economia, Ibmecc-DF; Macro-Consultant, the World Bank; Membro da Associação Brasileira dos Economistas pela Democracia; Associated Fellow, American Economic Association. As opiniões expressas nesse artigo não representam, necessariamente, as da Diretoria Executiva, Países Membros e Representantes das instituições que o autor pertence. joagabrielaraujooliveira@gmail.com

[2] Aluna do Ibmecc-DF. camilaramosamorim7@gmail.com

[3] Aluna do Ibmecc-DF e da Universidade de Brasília. vitoria.altfuldisck@gmail.com

[4] Aluna do Ibmecc-DF e da Universidade de Brasília. giovannaroncato5@gmail.com

Abstract

This article analyzes the market power of the Brazilian automotive industry between 2008 and 2015, with a focus on its participation in international trade. Based on data from the Comtrade and AliceWeb systems, the study applies the Revealed Comparative Advantage Index (RCA), the Symmetric RCA (RSCA), Market Share (MS), Trade Coverage Ratio (TC), and the Intra-Industry Trade Index (IIT). The results indicate Brazil's low international competitiveness in the sector, with a progressive decline in global participation and increased dependence on imports. Additionally, Argentina stands out as the main destination for Brazilian exports, while the loss of domestic competitiveness is reflected in the analyzed indicators.

Key-words

Brazilian Automotive Industrialization, International Trade, International Competitiveness, Exports and Imports.

1. INTRODUÇÃO

Desde meados da década de 1950, o Brasil vem se inserindo no processo de montagem de automóveis e fabricação de peças, consolidando gradualmente um setor industrial de grande relevância econômica. Esse fortalecimento esteve intimamente ligado à expansão da malha rodoviária nacional, que passou a sustentar o transporte e o escoamento de cargas em todo o país (NASCIMENTO, 2016). A partir dos anos 1990, políticas específicas de incentivo à indústria automobilística foram implementadas, promovendo uma reestruturação significativa — especialmente entre 1994 e 2003 — com o objetivo de atender à crescente demanda do mercado sul-americano (COSTA; HENKIN, 2016). Essas transformações favoreceram a modernização produtiva e tecnológica do setor, ampliando sua integração com diferentes ramos da economia. Nesse contexto, a indústria automobilística consolidou-se como um dos pilares do desenvolvimento econômico brasileiro, sustentada por uma extensa rede de fornecedores e prestadores de serviços. Assim, sua influência ultrapassou o âmbito fabril, tornando-se um importante vetor de dinamismo e articulação produtiva no país (VERÍSSIMO; ARAÚJO, 2015).

Dentro deste contexto, o trabalho foi dividido em quatro partes, no qual a primeira trata-se desta introdução, a segunda analisa o aspecto teórico que será utilizado para fundamentar a pesquisa, em conjunto com a terceira associada à análise empírica do setor com o objetivo de analisar o desenvolvimento, a evolução do setor da indústria de veículos no Brasil do período de 2008 a 2015 juntamente com o impacto da crise internacional no setor e por fim as considerações finais. Dessa forma, analisam-se os bancos de dados da COMTRADE, com o propósito de compreender a participação do Brasil no comércio internacional diante dos desdobramentos da conjuntura política, tanto interna quanto externa. Por meio desses estudos, torna-se possível examinar as relações de importação e exportação entre os estados brasileiros, considerando sua inserção no mercado nacional e internacional. Para esse fim, foram utilizados também os dados provenientes do banco de dados Alice web, que permitem uma avaliação detalhada das dinâmicas comerciais do país e de sua integração nas cadeias globais de valor.

Além disso, para tornar as análises mais precisas, adotam-se as metodologias do Índice de Vantagem Comparativa Revelada (IVCR), proposto por Balassa (1965), que serve como um indicador da competitividade das exportações. E a partir dessa metodologia, é possível observar o desempenho do Brasil no setor analisado e compreender seus impactos no cenário internacional. Complementarmente, aplica-se o Índice de Vantagem Comparativa Revelada Simétrico (IVCRS), formulado por Laursen (1998), que tem como propósito ajustar a assimetria do IVCR, proporcionando uma medida mais equilibrada e permitindo verificar, de forma mais precisa, a presença ou ausência de vantagens comparativas.

Meio a isto, para a verificação da magnitude da influência do Brasil nesse setor em comparação ao cenário mundial — bem como entre os próprios estados brasileiros —, emprega-se a análise de *Market Share* (MS). Esse instrumento metodológico permite mensurar a razão entre as exportações nacionais de um determinado setor e as exportações globais correspondentes, possibilitando avaliar o grau de inserção do país no comércio internacional. Além de quantificar a participação relativa do Brasil, a análise de *Market Share* fornece subsídios para identificar os setores em que o país demonstra maior competitividade e aqueles nos quais sua atuação é mais restrita, evidenciando potenciais oportunidades e fragilidades estruturais. Nesse sentido, o estudo do *Market Share* torna-se relevante não apenas para mensurar a presença brasileira no comércio mundial, mas também para compreender como o país se posiciona nas cadeias globais de valor.

Desse modo, com o objetivo de aferir o nível de competitividade do setor, emprega-se a técnica proposta por Verdoorn (1960), denominada Taxa de Cobertura Comercial (TC), a qual visa mensurar o grau de dependência mercantil do país em relação ao setor analisado. Em linhas gerais, tal indicador permite identificar se a dinâmica comercial apresenta caráter predominantemente intraindustrial ou interindustrial, por meio do Índice de Comércio Intraindustrial (CII), e segundo Carmo e Bittencourt (2011), “entende-se por comércio intraindustrial (CII) a situação em que dois países exportam e importam simultaneamente produtos de mesma origem”. Assim, o uso desse índice possibilita examinar o comportamento das relações comerciais — especialmente o equilíbrio entre importações e exportações — do Brasil e de seus estados no contexto da indústria automobilística intraindustrial.

2. ASPECTOS TEÓRICOS

O desenvolvimento da teoria do comércio internacional parte da questão analisada por Adam Smith em 1776, cujo procurou explicar o benefício das especializações que geram as vantagens absolutas para os países. Segundo Moreira (2012), Adam Smith percebeu que a especialização do trabalho leva a maior eficiência, o que gera mais riqueza para a nação.

Nessa ótica, discordando que o comércio teria sua melhor produtividade, bem como relações por meio das vantagens absolutas, David Ricardo apresenta o modelo de Vantagens Comparativas, no qual os países mostram quais produtos possuem maior eficiência do trabalho, dessa forma, ele troca relações comerciais com nações de alta eficiência laboral em bens que este precise importar, sendo assim, um modelo favorável para ambos. Gonçalves (1997) “de acordo com este modelo, os custos comparativos são determinados pela produtividade relativa do trabalho”.

Outrossim, Eli Heckscher e Bertil Ohlin desenvolveram um modelo com base em Ricardo, mas que passa a analisar as vantagens comparativas incorporando os fatores de produção, considerando terra, trabalho e capital em conjunto da análise de sua escassez, de tal forma que os preços relativos refletem a produtividade atinente do trabalho. Gonçalves (1997) diz que para que se possa analisar o comércio internacional, busca-se nos países os fatores com menor escassez, de tal forma que um território com baixa produtividade de trabalho e alta produtividade em mercadorias intensivas em capital irá exportar produtos que são expressivos em capital e não em trabalho.

Dessa forma, este trabalho busca analisar a participação do Brasil no comércio internacional de veículos, em comparação aos dez principais exportadores e importadores do campo, no qual serão calculados os índices detalhados abaixo, e por meio dessa análise é possível constatar o impacto do setor na economia brasileira de tal modo que seja possível verificar a importância do país neste mercado.

Partindo desta teoria, Balassa (1965), estuda como medir a competitividade das exportações, onde ele chega a seguinte equação:

$$(1) IVCR_{ij} = \frac{\frac{X_{ij}}{X_j}}{\frac{X_{iw}}{X_w}}$$

Em que X_{ij} representa o valor das exportações do setor i no país j , X_j representa o valor total das exportações do país j , X_{iw} é o valor das exportações do setor i no mundo e por fim X_w o total das exportações do mundo.

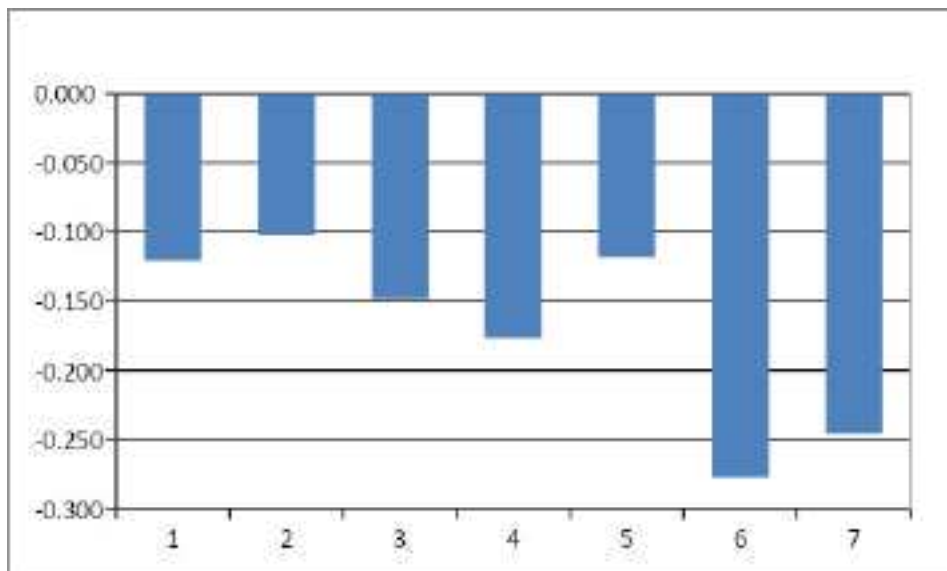
Por meio da tabela 7, é possível verificar que o Brasil possui um baixo IVCR, diante das principais potências do setor, de tal forma que mostra a não competitividade do país neste mercado. Entretanto, a percepção desta conclusão se torna mais eficaz no modelo

IVCRS, no qual Laursen procurou neutralizar a assimetria do modelo IVCR, concentrando seu valor entre $-1 \leq \text{IVCRS} \leq 1$, podendo ser calculado pela seguinte fórmula.

$$(2) \text{IVCRS}_{ij} = \frac{\text{IVCR}_{ij}-1}{\text{IVCR}_{ij}+1}$$

Contudo, esta equação apenas nos enfatiza o que foi descrito no modelo anterior, ressaltando que o país possui uma desvantagem comparativa no setor, dado que em nenhum momento entre os anos de 2009 e 2015, este valor foi superior a zero.

Gráfico 1 – Evolução do IVCR brasileiro, 2008–2015



Fonte: elaboração própria, gráfico da evolução do IVCR brasileiro

Assim como este autor demonstra em Balassa (1989), um de seus estudos empíricos sobre a teoria, os efeitos resultam da análise das vantagens comparativas entre Japão e Estados Unidos. Convém destacar que, o estudo atual busca mostrar esta mesma relação entre o Brasil e os demais países, com base na análise dos dados extraídos dos bancos de dados AliceWeb e Comtrade.

Para um estudo interno do quanto este setor representa na cobertura comercial para o Brasil, é necessário a utilização de uma técnica chamada Taxa de Cobertura Comercial (TC), desenvolvida por Verdoorn (1960). Na situação de um valor maior que um, que se tornou passível de diagnóstico apenas em 2008, este país tem uma competitividade comercial forte, e no caso de inferior a um, valor encontrado para os demais anos de 2009 a 2015, ele possui um saldo da balança comercial negativa, no qual as importações são maiores que as exportações, e essa taxa é representada pela seguinte fórmula:

$$(3) \text{TC}_j = \frac{X_j}{M_j}$$

Dado que os demais indicadores já foram abordados, fica apenas o M_j que trata do total das importações do país j .

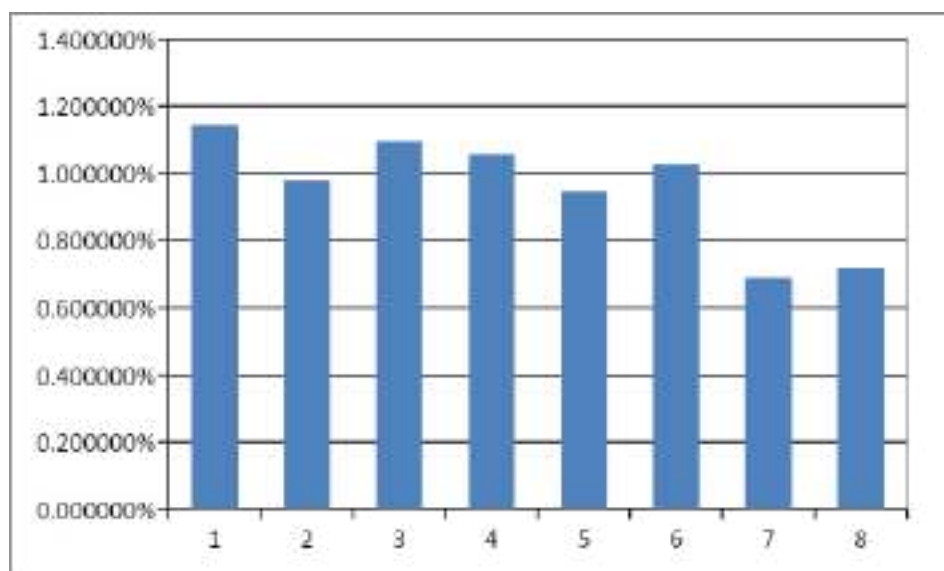
Junto a este indicador, utilizamos o Market Share (MS), para que possa ser analisada a parcela que este país detém do mercado neste setor, de tal forma que são relacionadas apenas as exportações de ambos, tal como segue:

$$(3) \text{MS} = \frac{X_{ij}}{X_{iw}}$$

Com este indicador é possível medir o quanto este país é competitivo no mundo, dado que ele se encontra entre $0 < MS < 1$ e quanto mais próximo de um, mais influente é a produção deste setor por determinado país.

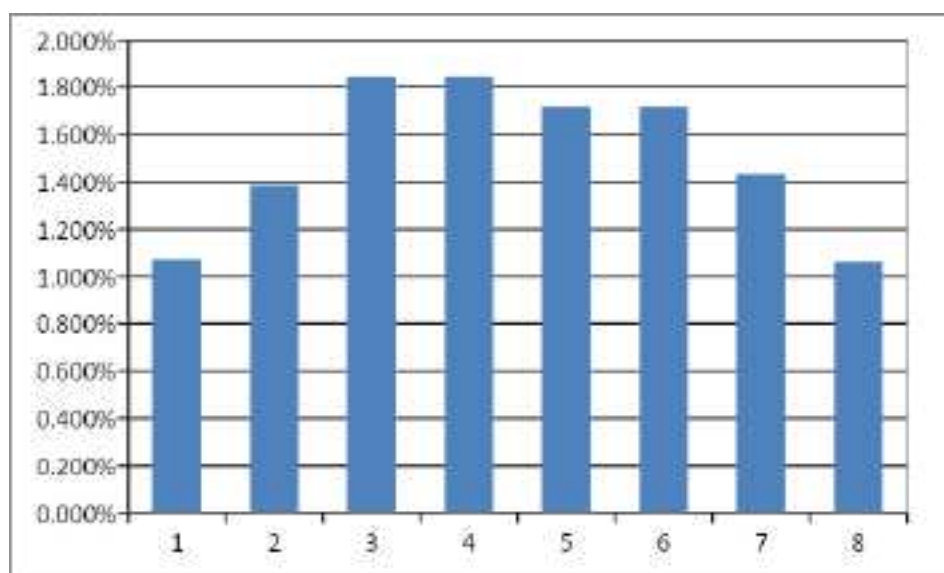
A partir deste dado, percebe-se que a parcela brasileira no mercado é muito próxima de 1% em todo o período, tanto nas importações quanto exportações, entretanto esta vem em constante queda desde 2014, ao passo que 2014 e 2015 representam apenas metade do que representavam nos demais períodos, ou seja, diminuindo a sua relevância no setor perante o mundo.

Gráfico 2 – Evolução do Market Share do Brasil nas exportações de veículos, 2008–2015)



Fonte: elaboração própria, gráfico da evolução do Market Share do Brasil em exportações

Gráfico 3 – Evolução do Market Share do Brasil nas importações de veículos, 2008–2015)



Fonte: elaboração própria, gráfico da evolução do Market Share do Brasil importações

Para que se possa verificar se este setor é interindustrial, faz-se necessário o cálculo do Índice de Comércio Intra-indústria (CII), desenvolvido por Grubel-Lloyd e que segundo Carmo e Bittencourt (2013), quanto mais próximo o valor de um, maior a participação

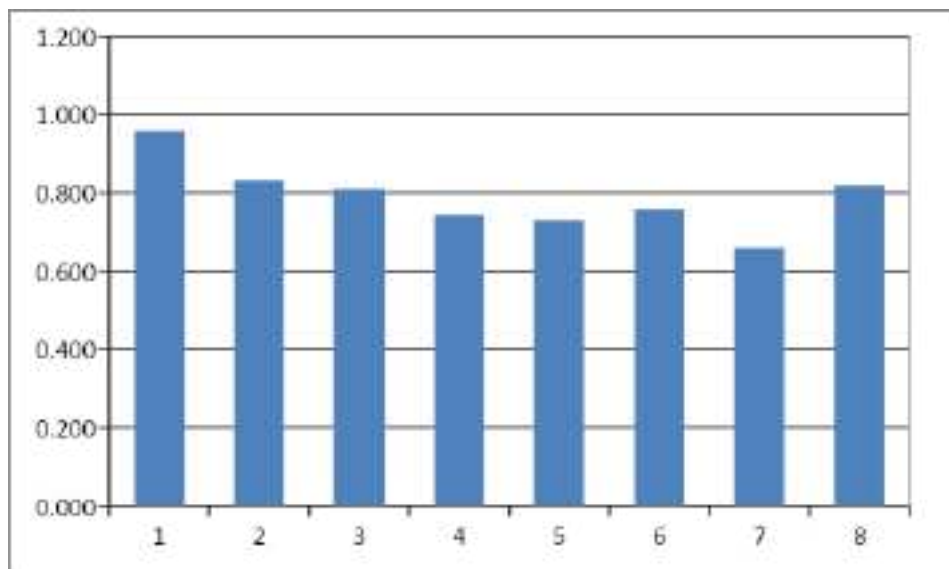
do comércio intra-industrial e quanto mais próximo de zero este valor, o comércio será considerado interindustrial. Este cálculo é dado pela seguinte expressão:

$$(5) \text{ CII} = 1 - \frac{(X_i - M_i)}{(X_i + M_i)}$$

A partir de toda esta análise, consegue-se examinar minuciosamente todo o efeito do setor na economia de determinado país, já o caso deste trabalho, há uma busca para identificar o quão representativo o setor de veículos é para o Brasil, conseguindo principalmente determinar as relações comerciais internas e externas do setor, visto que é uma área cada vez mais explorada ou expurgada da economia brasileira.

Com base nos dados coletados para o Brasil e com a formalização do cálculo do CII, podemos ver que o país nos períodos de 2008 a 2015, apresentou características intra-industrial partindo de um índice de 0,958 em 2008, tendo uma leve queda fechando 2015 com um índice de 0,919, mostrando que o Brasil exporta carros, mas também tem uma grande importação dos mesmos.

Gráfico 4 – Evolução do CII brasileiro para o setor automobilístico, 2008–2015)



Fonte: elaboração própria, gráfico da evolução do CII brasileiro

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1 – Evolução do valor das exportações mundiais de 2015 (em milhões de US\$) – 2008 a 2015 / Evolução do valor das importações mundiais de AUTOMÓVEIS (em milhões de US\$) – 2008 a 2015

País/Ano	Valor da produção (em US\$ milhões)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALEMANHA	227.820,69	155.790,86	196.576,53	241.286,64	230.538,15	237.146,99	253.918,35	236.846,63
JAPÃO	170.132,78	101.288,19	144.973,33	146.060,80	160.850,47	146.819,07	140.641,06	132.449,15
EUA	106.295,41	69.736,37	95.173,30	115.046,74	127.193,49	129.587,77	131.906,84	123.710,53
MÉXICO	42.630,50	33.573,88	51.477,03	62.582,73	80.875,11	78.717,99	86.498,64	80.985,93
CHINA	46.753,15	28.772,21	44.315,25	59.504,98	51.968,63	64.768,64	71.478,41	68.576,68
REP. DA COREIA	48.099,22	36.294,65	53.208,98	66.781,38	69.653,00	72.326,56	72.855,33	68.465,58
CANADÁ	49.917,60	32.699,85	47.778,78	51.832,31	59.934,74	58.393,02	59.137,22	59.694,15
ESPAÑA	53.665,14	40.654,11	42.982,24	50.319,94	42.201,14	48.351,90	51.580,15	49.650,16
REINO UNIDO	42.157,21	25.978,07	36.030,07	43.618,92	45.400,36	48.968,25	52.663,42	48.809,07
FRANÇA	60.307,26	41.709,41	4.687,32	52.462,74	45.910,07	44.965,20	46.099,09	42.458,38
BRASIL	13.866,23	8.056,39	11.638,38	13.225,08	12.067,53	13.575,47	9.442,28	9.317,30
Demais países	351.309,87	248.387,79	333.577,19	349.153,52	350.144,40	381.013,28	397.450,89	368.736,57
Total	1.212.985,08	822.951,56	1.062.428,39	1.251.885,77	1.275.738,10	1.322.633,14	1.372.668,68	1.298.780,14

País/Ano	Valor da produção (em US\$ milhões)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EUA	194.406,76	129.888,51	182.094,46	202.265,95	239.423,96	248.447,65	261.120,67	280.221,88
ALEMANHA	90.895,67	71.899,20	74.885,51	94.457,76	90.128,55	92.662,45	100.461,03	95.992,41
FRANÇA	66.304,76	51.687,00	54.729,36	63.919,36	53.642,79	54.928,74	56.455,63	52.743,28
REINO UNIDO	68.406,38	43.750,16	58.616,80	67.961,79	58.444,98	64.887,89	75.292,58	77.080,80
CANADÁ	58.140,15	42.061,59	57.158,18	62.341,20	68.858,85	69.497,86	68.690,55	65.335,93
ITALIA	53.221,20	41.601,95	40.984,32	43.932,70	31.308,17	31.977,24	35.365,77	35.670,96
BÉLGICA	48.477,00	36.268,26	38.660,42	44.473,73	41.656,14	47.986,65	43.409,85	41.942,14
ESPAÑA	47.321,67	29.268,86	29.962,45	35.335,32	27.773,26	31.834,43	38.851,28	38.203,70
CHINA	26.821,23	28.223,97	49.269,05	65.179,54	70.410,59	73.989,14	88.379,69	69.496,11
MÉXICO	26.279,15	18.341,88	24.537,98	28.323,18	32.140,36	33.185,47	36.530,22	37.035,67
BRASIL	12.775,53	11.329,53	17.106,10	22.399,24	21.014,72	22.231,10	19.283,20	13.447,87
DEMAIS PAÍSES	492.584,32	312.364,56	408.402,31	483.500,31	503.198,20	519.908,91	517.365,66	460.444,51
TOTAL	1.188.633,71	816.685,47	1.037.406,92	1.214.110,08	1.237.998,56	1.291.527,54	1.341.195,13	1.267.615,07

Fonte: elaborado pelos autores

Na tabela 1 mostra que o comércio mundial de automóveis apresentou crescimento e forte concentração em países industrializados. A Alemanha liderou as exportações durante todo o período, seguida por Japão, EUA e México. Já do lado das importações, os Estados Unidos permaneceram como o principal mercado consumidor, com crescimento constante, enquanto países europeus, como Alemanha, França e Reino Unido, também mantiveram altas demandas. No Brasil teve participação modesta, com queda nas importações a partir de 2013, evidenciando os efeitos da retração econômica e da limitação estrutural do setor automotivo nacional.

Tabela 2 – Market share e taxa de crescimento anual (em %) Primeira Exportações e Segunda Importações– 2008 a 2015

País/Ano	Tx. Anual de cresc. (%)	Evolução do Market Share (em %)							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALEMANHA	49%	19%	19%	19%	19%	18%	18%	18%	18%
JAPÃO	+308%	14%	12%	14%	12%	13%	11%	10%	10%
EUA	191%	9%	8%	9%	9%	10%	10%	10%	10%
MÉXICO	979%	4%	4%	5%	5%	5%	6%	6%	7%
CHINA	490%	4%	3%	4%	5%	5%	6%	6%	6%
REP. DA COREIA	451%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
CANADA	226%	4%	4%	4%	4%	5%	4%	4%	5%
ESPANHA	-97%	4%	5%	4%	4%	3%	4%	4%	4%
REINO UNIDO	185%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%
FRANÇA	-429%	5%	5%	0%	4%	4%	3%	3%	3%
BRASIL	-487%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Demais países	61%	25%	30%	31%	28%	27%	29%	29%	28%
Total	86%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

País/Ano	Tx. Anual de cresc. (%)	Evolução do Market Share (em %)							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EUA	468%	16%	16%	18%	17%	19%	19%	19%	22%
ALEMANHA	68%	8%	9%	8%	8%	7%	7%	7%	8%
FRANÇA	-336%	6%	6%	6%	6%	4%	4%	4%	4%
REINO UNIDO	150%	6%	5%	6%	6%	5%	5%	6%	6%
CANADA	147%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
ITALIA	-488%	4%	5%	4%	4%	2%	2%	3%	3%
BÉLGICA	-204%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%
ESPANHA	-264%	4%	4%	3%	3%	2%	2%	3%	3%
CHINA	1264%	2%	3%	5%	5%	6%	6%	7%	5%
MÉXICO	438%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	3%
BRASIL	64%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	1%
DEMAIS PAÍSES	-84%	41%	39%	40%	40%	40%	40%	39%	36%
TOTAL	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: elaborado pelos autores

Com base na Tabela 2, verifica-se que o Brasil detém em média uma fatia de 1% de todo o mercado exportador mundial, já a Alemanha é o país que mais possui participação, tendo em média 18%, seguido do Japão e Estados Unidos que dispõem de uma média aproximada de 13% e 9% respectivamente. Posto isso, esses três primeiros países na lista de maiores exportadores no setor de veículos são responsáveis por aproximadamente 40% de todo o mercado mundial.

Na Tabela 2 encontra-se o índice de Market Share dos 10 países que mais importam de acordo com o ano de 2015, o Brasil mantém sua média em 1%, (mesmo parâmetro de seu índice em exportações). Já nas importações, os Estados Unidos assumem a liderança, mantendo uma média de aproximadamente 19% de todo o mercado de exportação, de modo semelhante, a Alemanha vem em segundo lugar, porém com um índice bem abaixo, ficando em torno de 8%. Sob esse aspecto, a maior parte do mercado de importações encontra-se concentrado na mão de apenas 11 países, estes detém aproximadamente 40%, embora essa concentração no decorrer dos anos venha sendo reduzida, caindo para patamares de 36% no ano de 2015. Além disso, um país que nos chama atenção é os Estados Unidos que saiu de um índice de aproximadamente 16% em 2008 chegando a 22% em 2015.

Tabela 3 - Evolução do valor das exportações brasileiras da indústria automobilística (em milhões de US\$) por estado exportador e a participação percentual em relação ao total exportado (em %) - 2008, 2011 e 2015

Estado/Ano	Valor da produção (em US\$ milhões)			Evolução Market Share (em %)		
	2008	2011	2015	2008	2011	2015
SP	7.577,08	7.445,81	5.351,80	52%	51%	36%
PR	2.125,08	1.845,20	1.084,93	14%	13%	7%
RGS	1.345,15	1.358,20	1.018,88	9%	9%	7%
MG	1.857,57	1.522,46	843,61	13%	10%	6%
RJ	551,73	778,01	525,05	4%	5%	4%
BA	653,80	481,80	392,25	4%	3%	3%
AM	234,70	159,58	139,31	2%	1%	1%
SC	245,75	99,06	119,90	2%	1%	1%
GO	28,58	28,98	16,20	0%	0%	0%
PE	3,18	0,01	7,16	0%	0%	0%
OUTROS	49,77	41,77	105,42	0%	0%	1%
TOTAL	14.672,40	13.760,89	9.604,51	100%	94%	65%

Fonte: elaborado pelos autores

Na Tabela 3 é possível verificar a pauta de exportação de veículos de cada estado brasileiro, dando destaque para o estado de São Paulo que é responsável por 50% do total das exportações no ano de 2008, todavia, esse valor está em decadência, chegando a patamares de 36%. É plausível evidenciar também o Paraná, ficando na segunda colocação, com valores de aproximadamente R\$1.084,93 milhões, responsável por 7% de todas as exportações brasileiras.

Tabela 4 – Evolução do valor das exportações brasileiras por país de destino (em milhões de US) – 2008 a 2015

PAÍS	Valor da produção (em US milhões)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Argentina	5.387,82	3.502,23	6.149,15	7.975,45	6.838,28	8.857,88	5.243,29	5.177,60
México	1.265,81	741,35	1.019,88	849,38	736,29	751,82	635,76	808,61
Chile	786,59	401,62	765,39	730,15	819,18	708,68	548,83	553,44
USA	678,33	348,81	390,20	424,87	469,85	454,10	376,21	397,90
Peru	472,34	185,07	375,67	438,28	569,76	409,68	370,16	377,60
Africa do Sul	497,30	339,11	359,47	395,29	386,66	360,27	320,43	327,96
Uruguai	283,04	195,16	285,39	305,15	275,66	299,25	292,16	282,96
Indonésia	42,85	22,01	41,79	45,53	37,71	39,39	47,25	224,92
Colômbia	124,31	130,08	182,87	203,60	276,17	265,59	310,45	190,44
Paraguai	161,42	77,13	160,45	192,84	137,33	156,11	140,30	151,29
DEMAIS	4.196,42	2.113,82	1.908,12	1.664,54	1.520,63	1.242,69	1.157,45	824,59
TOTAL	13.896,23	8.056,39	11.638,38	13.225,08	12.067,53	13.575,47	9.442,28	9.317,30

Fonte: elaborado pelos autores

Na tabela 4 mostra que, no período analisado, o valor das exportações brasileiras para países da América Latina apresentou oscilações significativas, com um pico em 2011 (US\$ 13,2 bilhões) e queda contínua até 2015 (US\$ 9,3 bilhões). A Argentina se manteve como principal destino das exportações nesse período, embora tenha sofrido retração após 2011, refletindo instabilidades econômicas regionais. Outros países como México, Chile e EUA também registraram variações, mas em menores proporções. Os demais

países demonstram a importância de mercados diversificados, que também encolheram nos últimos anos da série. A análise aponta para uma tendência de perda de dinamismo das exportações brasileiras no período, evidenciando a necessidade de ampliar parcerias comerciais e reduzir a dependência de mercados específicos.

Projeções da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea) indicam uma grande recuperação nas exportações brasileiras em 2025, impulsionada pelo aumento de 156 % nas vendas para a Argentina entre janeiro e julho, que já responde por quase 59 % das exportações totais do setor no país (REUTERS, 2025). Esse cenário confirma o papel estratégico dos mercados regionais como âncoras comerciais da indústria automobilística nacional, ao mesmo tempo em que evidencia a alta concentração de demanda em países específicos, o que expõe a vulnerabilidade do setor frente a instabilidades econômicas externas e a necessidade premente de diversificação de destinos.

Tabela 5 – Participação percentual em relação ao total exportado (em %) – 2008 a 2015

TX ANUAL DE	Evolução do Market Share (em %)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
-49.63%	39%	43%	53%	60%	57%	65%	56%	56%
-544.79%	9%	9%	9%	6%	6%	6%	7%	9%
-429.92%	6%	5%	7%	6%	7%	5%	6%	6%
-645.05%	5%	4%	3%	3%	4%	3%	4%	4%
-275.96%	3%	2%	3%	3%	5%	3%	4%	4%
-507.08%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	4%
-0.36%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	3%
2302.83%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%
547.69%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	2%
-80.72%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%
-1840.38%	30%	26%	16%	13%	13%	9%	12%	9%
-487.40%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: elaborado pelos autores

Na Tabela 5 verificamos a evolução das exportações brasileiras segundo seus países de destino. É a Argentina a maior parceira econômica do Brasil para as exportações de veículos e este fato vem crescendo, pois podemos verificar essa crescente quando observamos o índice de Market Share, em que a Argentina saltou de 38% em 2008 para quase 56% em 2015. Outro ponto que destacamos é a ascendente exportação para a Indonésia, que obteve um crescimento de 2302% no período de 2008 a 2015, saltando de 0,308% para 2,044%, podemos ressaltar também a parceria que vem crescendo do Brasil com a Colômbia para exportações que passou de 0,895% em 2008 para 2,044% em 2015.

Tabela 6 - Evolução da taxa de cobertura setorial (TC) para os maiores países exportadores de automóveis no período 2008 à 2015

Países	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALE	2,506	2,167	2,625	2,555	2,558	2,560	2,528	2,468
JAP								
EUA	0,547	0,537						
MEX	1,622	1,830	2,098	2,210	2,174	2,312	2,406	2,429
CHI	1,743	1,019	0,899	0,913	0,880	0,875	0,800	0,987
RDC								
CAN	0,859	0,777	0,836	0,831	0,870	0,840	0,861	0,914
ESP	1,134	1,389	1,435	1,424	1,519	1,519	1,328	1,300
UK	0,616	0,594	0,615	0,642	0,777	0,755	0,699	0,633
FRA	0,870	0,807	0,086	0,821	0,856	0,819	0,817	0,805
BRA	1,088	0,711	0,680	0,590	0,574	0,611	0,490	0,693
DEMAIS	0,713	0,795	0,817	0,722	0,696	0,733	0,768	0,801
TOTAL	1,020	1,008	1,024	1,031	1,030	1,024	1,023	1,025

Fonte: elaborado pelos autores

Tendo em vista os indicadores fornecidos, a taxa de cobertura setorial nos demonstra qual a representatividade de cada país perante o comércio mundial no setor de veículos, e com os dados apresentados na Tabela 6 vemos que a Alemanha é o maior destaque em representatividade mundial no comércio de veículos, detendo uma taxa de cobertura setorial de 2,468 em 2015. Dessarte, no ano de 2008 o Brasil era competitivo neste setor, porém com o passar dos anos ele perdeu essa representatividade, tornando-se dependente das produções dos seus parceiros comerciais, sua taxa de cobertura setorial passou de 1,088 em 2008 para 0,693 em 2015.

Tabela 7 - Evolução do IVCR para os maiores países exportadores de automóveis no período de 2008 à 2015

Tabela 6 – Evolução do IVCR para os maiores países exportadores de AUTOMÓVEIS no período 2008 a 2015								
Países	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALE	2,011	2,058	2,187	2,337	2,300	2,297	2,284	2,214
JAP	2,818	2,599	2,663	2,548	2,834	2,885	2,746	2,631
EUA	1,059	0,983	1,053	1,115	1,158	1,154	1,097	
MEX		2,178	2,440	2,572	2,652	2,837	2,903	2,934
CHI	0,423	0,357	0,397	0,450	0,426	0,412	0,411	0,374
RDC	1,475	1,488	1,613	1,727	1,789	1,816	1,713	1,614
CAN	1,418	1,546	1,747	1,652	1,857	1,797	1,677	1,813
ESP	2,488	2,715	2,468	2,423	2,077	2,185	2,181	2,216
UK	1,132	1,076	1,207	1,211	1,328	1,256	1,388	1,299
FRA		1,339	0,130	1,286	1,157	1,112	1,096	1,067
BRA		0,785	0,815	0,742	0,700	0,788	0,565	0,605
DEMAIS		0,598	0,621	0,540	0,535	0,560	0,577	0,500
TOTAL	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: elaborado pelos autores

Diante do exposto, o Índice de Vantagem Comparativa Revelada nos mostra se o país analisado possui vantagem ou desvantagem comparativa em determinado setor de exportação com relação ao mundo, e com os dados calculados na Tabela 7 podemos

verificar que a Alemanha, o Japão, os Estados Unidos, o México, a Coreia do Sul, o Canadá, a Espanha, a Inglaterra e a França possuem vantagem comparativa revelada, uma vez que seus valores deram superior a 1. O Brasil não possui vantagem comparativa para exportação de veículos, pois seu IVCR está abaixo de 1.

Nos últimos anos, os desafios enfrentados pela indústria automobilística brasileira têm se acentuado, especialmente quando se fala sobre a sua inserção internacional. De acordo com Machado e Ferraz (2023), apesar de sua estrutura produtiva consolidada, o setor automotivo nacional apresenta grandes limitações competitivas, como baixa densidade tecnológica, deficiências logísticas e elevada carga tributária. Esses fatores comprometem a capacidade do país de competir com grandes exportadores globais, resultando em perda de participação no comércio internacional. Além disso, a ausência de uma política industrial de longo prazo agrava a vulnerabilidade do setor frente às flutuações econômicas externas.

Tabela 8 - Evolução do IVCRS para os maiores países exportadores de veículos no período de 2008 à 2015

Países	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALEMANHA	0,336	0,346	0,372	0,401	0,394	0,393	0,391	0,378
JAPÃO	0,476	0,444	0,454	0,436	0,478	0,485	0,466	0,449
EUA	0,028	-0,008	0,026	0,054	0,073	0,072	0,046	
MÉXICO		0,371	0,419	0,440	0,452	0,479	0,488	0,492
CHINA	-0,405	-0,474	-0,432	-0,379	-0,403	-0,416	-0,417	-0,455
REP. DA	0,192	0,196	0,235	0,267	0,283	0,290	0,263	0,235
CANADA	0,173	0,214	0,272	0,246	0,300	0,285	0,253	0,289
ESPAÑA	0,427	0,462	0,423	0,416	0,350	0,372	0,371	0,378
REINO U	0,062	0,037	0,094	0,095	0,141	0,113	0,163	0,130
FRANÇA		0,145	-0,770	0,125	0,073	0,053	0,046	0,032
BRASIL		-0,121	-0,102	-0,148	-0,176	-0,118	-0,278	-0,246
Outros		-0,251	-0,234	-0,298	-0,303	-0,282	-0,268	-0,333

Fonte: elaborado pelos autores

Com o índice de Vantagem Comparativa Revelada Simétrica, Laursen transformou o IVCR em simétrico, pois ele calcula o mesmo índice anterior, mas atribui valores entre -1 e 1. Se o país estiver em valores menores do que 0 ele possui desvantagens competitivas, se estiver entre 0 e 1 ele possui vantagem competitiva revelada. A Tabela 8 confirma a tese da Tabela 7.

Tabela 9 - Exportações totais por países (em milhões)

PAÍSES	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALEMANHA	1.456.137,41	1.127.839,93	1.271.096,33	1.482.202,27	1.410.129,63	1.450.950,92	1.498.157,78	1.328.549,13
JAPÃO	781.412,16	580.718,73	789.773,83	823.183,76	798.826,02	715.097,24	690.217,47	624.873,51
EUA	1.289.898,88	1.056.712,05	1.278.099,19	1.481.882,30	1.544.932,01	1.577.587,25	1.819.742,88	
MÉXICO		229.712,34	295.305,05	349.325,58	370.706,66	379.949,27	396.881,85	380.820,86
CHINA	1.430.693,07	1.201.646,76	1.577.763,75	1.898.358,43	2.048.782,23	2.209.007,28	2.342.292,70	2.273.488,22
REP. DA CORÉIA	422.003,48	383.531,06	486.880,62	555.208,90	547.854,45	559.618,58	573.074,77	529.753,01
CANADA	455.632,10	315.170,63	338.579,50	450.430,01	454.058,97	456.586,27	475.177,10	408.604,21
ESPAÑA	279.231,47	223.132,21	246.265,33	298.170,96	285.936,45	310.963,65	318.649,31	278.122,01
REINO UNIDO	482.020,96	359.615,54	422.016,12	517.288,68	481.225,75	548.041,85	511.145,44	466.266,68
FRANÇA		484.112,81	511.851,04	585.723,82	558.480,55	587.987,70	586.896,17	493.941,21
BRASIL		152.984,74	201.915,10	256.038,79	242.578,01	242.032,98	225.098,41	191.126,89
Outros		6.186.024,35	7.591.616,25	9.276.820,54	8.208.042,61	8.567.256,00	9.278.643,06	9.110.678,37
Total	15.701.830,05	12.261.217,41	15.021.460,54	17.974.444,38	17.961.367,35	18.585.090,98	18.495.936,99	16.123.413,10

Fonte: elaborado pelos autores

A Tabela 9 evidencia a concentração das exportações globais de veículos em poucas economias industrializadas, com destaque para Alemanha, Japão e Estados Unidos, que lideram o mercado em termos de valor exportado, os quais demonstram alta competitividade internacional devido terem bases tecnológicas consolidadas e ampla presença

de montadoras. Todavia, o Brasil possui baixa relevância no comércio internacional do setor, conforme apontado pelos indicadores de IVCR, IVCRS e Market Share. Apesar de possuir um mercado interno expressivo, a indústria automobilística brasileira mantém uma presença externa limitada, voltada, em sua maior parte, a parceiros regionais, como a Argentina, o que mostra as dificuldades estruturais como baixa densidade tecnológica, altos custos logísticos e falta de integração com políticas comerciais mais amplas.

Além dos desafios comerciais, o setor automobilístico brasileiro busca se reestruturar em torno da sustentabilidade, apostando em tecnologias híbridas flex como alternativa ao fosso tecnológico e competitivo existente. Empresas como Stellantis, Volkswagen, Mitsubishi e Great Wall estão investindo no desenvolvimento desses veículos, que combinam motores elétricos com etanol, como rota viável e de menor carbono para renovar o parque automotivo nacional (FINANCIAL TIMES, 2024). Essa movimentação sinaliza uma tentativa de alinhar a indústria à agenda ambiental emergente, oferecendo uma alternativa intermediária enquanto a adoção total dos veículos elétricos ainda enfrenta barreiras estruturais e de escala.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de analisar o panorama brasileiro do setor de importação e exportação de veículos, vemos que o Brasil possui pouca relevância no mercado mundial, ficando em 25º colocado na lista dos maiores exportadores e em 24º colocado na de importadores. Para afirmarmos isso, utilizamos de análises de alguns indicadores como o Market Share, IVCR, IVCRS e TC.

À luz disso, com o Índice de Market Share analisamos a participação do Brasil tanto nas exportações quanto nas importações mundiais no setor de veículos, ademais os indicadores nos mostram que as exportações brasileiras detêm uma fatia baixa do mercado total, em 2008 era de 1,146% e em 2015 esse valor ficou em torno de 0.717%, além disso, o panorama nas importações não muda muito frente aos dados das exportações, no período analisado (2008 a 2015).

Por conseguinte, o Brasil é responsável por cerca de 1% do total importado no mundo. Analisando no âmbito doméstico, o estado que é responsável por grande parte das nossas exportações é São Paulo, que é incumbido por 36% de todo o nosso comércio exterior, apesar de estar perdendo espaço, dado que em 2008 essa fatia era de 52%,. Além do mais, o Paraná vem em segundo colocado detendo cerca de 7% de todas as exportações brasileiras.

Tendo em vista as exportações totais de veículos brasileiros, a Argentina é sua maior parceira, em razão de cerca de 55% de toda a produção do Brasil deste setor ser destinada a esse vizinho de fronteira. Juntamente com isso, um fato relevante sobre os países com os quais o Brasil mantém acordos para o escoamento da produção de veículos é o expressivo crescimento das exportações para a Indonésia e a Colômbia.

Além das dificuldades estruturais já conhecidas, o cenário pós-pandemia de COVID-19 impôs novos desafios à competitividade da indústria automobilística brasileira. Segundo Silva e Costa (2023), houve uma aceleração nas mudanças tecnológicas globais, com foco na eletrificação de frotas, digitalização da produção e reestruturação das cadeias globais de valor. Entretanto, o Brasil ainda mostra atraso na adaptação a essas transformações, o que amplia sua dependência de tecnologias estrangeiras e compromete sua presença em mercados mais avançados. Assim, os autores sugerem que, sem investimento em inovação e integração em acordos multilaterais, o setor tende a se manter em posição secundária na economia internacional.

Em suma, a partir da análise do TC, verifica-se que o Brasil apresenta pouca representatividade no setor de veículos em comparação ao restante do mundo, já que, em 2015, o índice foi de 0,63. Em 2008, contudo, o país ainda demonstrava relevância, com um TC de 1,088. Portanto, pelo o Índice de Vantagem Comparativa Revelada (IVCR) chegamos a conclusão de que o Brasil possui uma dependência de seus parceiros comerciais estrangeiros, uma vez que seu IVCR em 2015 foi de 0.605.

REFERÊNCIAS

- BALASSA, Bela. *Trade liberalization and "Revealed" comparative advantage*. **Manchester School of Economic and Social Studies**, Oxford, v. 33, p. 99-123, mai. 1965.
- BALASSA, Bela. *"Revealed" Comparative Advantage in Japan and the United States*. **Journal of International Economic Integration**, Autumn, v.4, n.2, p. 88-22, 1989.
- CARMO, A.S.S., BITTENCOURT, M.V.L.. O comércio intra-industrial entre Brasil e os países da OCDE: decomposição e análise de seus determinantes. **Análise Econômica (UFRGS)**, v. 31, n. 60, p. 35-38, 2013.
- COSTA, Rodrigo Morem da; HENKIN, Hélio. *Estratégia competitiva e desempenho da indústria automobilística no Brasil*. **Economia e Sociedade**, v. 25, n. 2, p. 457-487, ago. 2016.
- GONÇALVES, Reinaldo. *A teoria do comércio internacional*. **Economia Ensaios**, v. 12, n. 1, p. 3-20, 1997.
- MOREIRA, Uallace. *Teorias do comércio internacional: um debate sobre a relação entre o crescimento econômico e a inserção externa*. **Revista de Economia Política**, v. 32, n. 2, p. 213-228, abr. 2012.
- NASCIMENTO, Marcio Silveira. *Implantação e a Evolução da Indústria Automobilística no Brasil*. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 5, n. 7, p. 67-79, jan. 2016.
- VERDOORN, P.J. *The intra-block trade of Benelux*. [In] **E.A.G. Robinson (Ed.), Economic consequences of the size of nations**. Macmillan & Co., London, 1960.
- VERÍSSIMO, Michele Polline; ARAÚJO, Vanessa Marzano. *Desempenho da indústria automobilística brasileira no período 2000-2012: uma análise sobre a hipótese de desindustrialização setorial*. **Economia e Sociedade**, v. 24, n. 1, p. 151-176, abr. 2015.
- MACHADO, Paulo Sérgio; FERRAZ, João Carlos. *Indústria automobilística no Brasil: inserção internacional e desafios competitivos*. *Revista Brasileira de Comércio Exterior*, n. 139, p. 35-50, 2023.
- SILVA, Amanda T. da; COSTA, Henrique M. *A competitividade do setor automobilístico brasileiro frente às transformações globais pós-pandemia*. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 29, n. 1, p. 1-22, 2023.
- REUTERS. *Brazil auto exports jump driven by Argentina; tariffs affect local sales*. Reuters, 7 ago. 2025.
- FINANCIAL TIMES. *Carmakers in Brazil back ethanol hybrid flex-fuel engines to bridge electric vehicle gap*. Financial Times, 27 jul. 2024.

DETECÇÃO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO BASEADA EM VISÃO COMPUTACIONAL COM MÍNIMA INTERVENÇÃO HUMANA

Caio de Souza de Medeiros^[1] e Rigel P. Fernandes^[2]

Resumo

Este trabalho propõe um método de detecção automática da posição de vagas de estacionamento utilizando técnicas de visão computacional, reduzindo a necessidade de intervenção humana para tal. Baseado no modelo YOLOv8 e no agrupamento DBSCAN, avaliamos a capacidade de identificar automaticamente espaços ocupados e livres em imagens reais obtidas do dataset PKLot. O principal objetivo é proporcionar escalabilidade e praticidade na implantação de sistemas de estacionamento inteligente. Resultados preliminares confirmam a viabilidade do método proposto, demonstrando robustez e acurácia satisfatória sob diferentes condições climáticas e de iluminação. O método proposto conseguiu detectar 63,1% das vagas.^[3]

Palavras-chave

Detecção de vagas. Visão computacional. Estacionamentos inteligentes. YOLOv8. DBSCAN.

[1] Estudante de Graduação em Engenharia da Computação no Ibmec-RJ.

[2] Doutor em Engenharia da Defesa pelo IME e docente do Ibmec-RJ.

[3] Esse artigo foi publicado inicialmente no Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBrT 2025) <http://doi.org/10.14209/sbrt.2025.1571157303>

Introdução

O aumento da urbanização e das frotas de veículos intensificam a escassez de vagas de estacionamento e os desafios da mobilidade urbana [1]. Estacionamentos inteligentes são sistemas integrados que utilizam tecnologias avançadas como câmeras, sensores de distância, redes de comunicação sem fio, Internet das Coisas (IoT) [2], processamento de imagens, inteligência artificial e aplicativos móveis — para gerenciar, em tempo real, a disponibilidade de vagas de estacionamento.

Os sistemas de estacionamentos inteligentes podem contribuir na orientação dos motoristas para vagas livres, facilitam o pagamento eletrônico e, conseqüentemente, melhoram a mobilidade urbana. Uma das contribuições da redução das buscas por vagas é a redução das emissões de poluentes [3].

Este trabalho dá continuidade ao estudo apresentado em [4], aprofundando-se agora na automação da detecção das vagas para o mapeamento inicial do estacionamento. Foi utilizado um dataset com o objetivo da redução da intervenção humana no mapeamento das coordenadas das vagas.

O artigo detalha o problema e as técnicas de que podem ser usadas para a detecção. Em seguida, descreve o método proposto e, na sequência, apresenta o dataset utilizado e os resultados experimentais. As conclusões são discutidas na última seção.

1. O problema de redução da intervenção humana

No estudo anterior, foi abordada a detecção da ocupação de vagas de estacionamento por meio de modelos de aprendizado de máquina aplicados à identificação de veículos. As coordenadas dos carros detectados eram comparadas com as coordenadas previamente definidas das vagas, e, a partir de um limiar de distância, inferia-se a ocupação de cada vaga [4].

Contudo, as coordenadas das vagas eram inseridas manualmente — um processo trabalhoso, especialmente em estacionamentos com grande número de vagas. Era necessário identificar visualmente as demarcações no piso e, a partir delas, o operador deveria assinalar a posição de cada vaga.

Na ausência de sinalização física clara, esse processo se tornava ainda mais complexo, exigindo que o operador inferisse, com base nas posições usualmente ocupadas pelos veículos, quais áreas poderiam ser consideradas como vagas. Além disso, caso a organização espacial das vagas fosse alterada devido a modificações no ambiente físico, o sistema manual exigiria novo mapeamento, o que impacta a escalabilidade da solução. Diante dessas limitações, este trabalho propõe uma abordagem automatizada para a definição das coordenadas das vagas, com o objetivo de reduzir significativamente a intervenção humana no processo de sensoriamento.

2. O método

A primeira opção cogitada em relação à detecção da posição das vagas foi o treinamento de um modelo de detecção de objetos YOLO [5] para identificar espaços de vagas nas imagens diretamente. Entretanto, não há variedade significativa de datasets públicos de diferentes estacionamentos. Desse modo, replicar esse método em outro estacionamento poderia ser um problema devido a potencial incapacidade de generalização do modelo. Visto a inviabilidade da criação de um dataset apenas para o treinamento desse modelo, preferiu-se a adoção de outra estratégia utilizando recursos já disponíveis.

O método proposto consiste em detectar os carros e seus centróides em todas as imagens de um dataset, acumulá-los em uma única imagem, permitindo assim a visualização das posições já ocupadas pelos carros, independentemente do momento. Desse modo, regiões em que há maior concentração de centróides indicariam maior frequência de carros detectados naquela região. Com a distribuição dos centróides é realizada a técnica de clusterização para encontrar agrupamentos que, consequentemente, indicam posições de vagas de estacionamento. Foram exploradas duas abordagens. A primeira é a clusterização única com um conjunto definido de imagens. A segunda é uma abordagem iterativa agrupando centróides detectados em conjuntos de imagens de forma iterativa em todo dataset. O algoritmo de clusterização DBSCAN [6] foi o escolhido para este método.

A seguir, uma explicação sobre a abordagem de clusterização iterativa: para uma lista L , iniciada como $L_0 = \emptyset$, agrupamos sucessivamente lotes B_i de tamanho b (onde $B_i = \{c_{ib+1}, \dots, c_{\min((i+1)b, N)}\}$), executamos a clusterização com DBSCAN($\epsilon, \text{min_samples}$), adicionamos todos os centróides de B_i a L , removemos de L todos os centróides com rótulo $\ell(x) = -1$ (ruído) e repetimos até usar todos os N centróides. Após $\lceil N/b \rceil$ iterações, L^* contém as coordenadas finais das vagas.

Algorithm 1 Abordagem iterativa de agrupamento de centróides com DBSCAN

Require: Conjunto de centróides detectados $\mathcal{C} = \{c_1, \dots, c_N\}$, tamanho do lote B , parâmetros do DBSCAN (ϵ, MinPts)

// Inicializar lista de centróides ativos e índice

$L \leftarrow \emptyset$

$k \leftarrow 1$

while $k \leq N$ **do**

 // Selecionar próximo lote de centróides

$\mathcal{B} \leftarrow \{c_k, \dots, c_{\min(k+B-1, N)}\}$

 // Adicionar lote à lista de centróides ativos

$L \leftarrow L \cup \mathcal{B}$

 // Executar agrupamento com DBSCAN

$\text{labels} \leftarrow \text{DBSCAN}(L, \epsilon, \text{MinPts})$

 // Remover centróides rotulados como ruído

$L \leftarrow \{c \in L \mid \text{labels}(c) \neq \text{noise}\}$

 // Avançar índice para o próximo lote

$k \leftarrow k + B$

end while

Retornar rótulos de cluster para todos os centróides

3. Resultados experimentais

Esta seção apresenta os resultados experimentais do método proposto.

3.1 O dataset

Neste estudo, foram utilizadas as imagens do conjunto UFPR04 do dataset PKLot [7]. O conjunto contém um total de 3.791 imagens de um estacionamento, capturadas por uma câmera fixa, sem variação de movimento. O dataset contém imagens do estacionamento em diferentes contextos climáticos – chuva, céu aberto e com nuvens. Por outro lado, os

métodos aqui implementados desconsideram variações de ângulo e posição da câmera, uma vez que não existem tais variações nesse dataset.

3.2 Testes e resultados

Os testes realizados nessa experimentação utilizaram a linguagem Python e bibliotecas Sci-Kit Learn [8] para o DBSCAN, OpenCV [9] para manipulação das imagens, Ultralytics para detectar os carros com YOLO e Matplotlib [10] para a exibição dos resultados no arquivo notebook Python presente no repositório do GitHub deste estudo.

Usando a abordagem de clusterização única, foi feito o teste com o dataset inteiro. Depois de alguns testes com diferentes valores dos parâmetros 'eps' (Distância máxima entre os pontos) e 'min_samples' (Mínimo de pontos vizinhos), o melhor valor obtido foi 8 e 600, respectivamente, identificando 21 de 38 vagas. Isso indica uma acurácia total de aproximadamente 55% das vagas identificadas, Figura 1(a).

Em seguida, realizado um teste de comparação da quantidade de imagens utilizadas. Comparada a clusterização única em 1000, 2000 e 3000 imagens, obtivemos uma acurácia de aproximadamente 32%, 32% e 59%. Esses resultados podem ser observados nas Figuras 1(b), 1(c), e 1(d) respectivamente. Os valores ótimos encontrados de 'eps' foram 10 para os 3 conjuntos e 'min_samples' 170, 350 e 600, respectivamente. Esses resultados indicaram que existe algum número de imagens que maximiza a detecção de vagas, especificamente usar 3.000 imagens resultou em 9 pontos percentuais a mais na acurácia da detecção do que usar todas as 3.791 imagens. A coordenada final de cada vaga é obtida a partir da média dos centróides de cada agrupamento resultante da execução do DBSCAN. A Figura 1(f) mostra a coordenada calculada das vagas em pontos verdes.

A Figura 2 ilustra os resultados do agrupamento iterativo dos centróides dos carros detectados utilizando diferentes tamanhos de lote: 500 e 1500 imagens por iteração. Observa-se que, ao utilizar 500 ou 1.500 imagens, foi obtida maior acurácia com iterações de 500 imagens, com 24 vagas detectadas corretamente (uma acurácia de 63,1%), visto na Figura 1(g). Por outro lado, a abordagem com iterações de 1500 imagens não ultrapassou as abordagens anteriores, com resultado de 22 vagas detectadas como pode ser visto na Figura 1(h). A abordagem com 500 imagens apresenta uma leve superioridade no número final de vagas detectadas após o processamento completo, indicando maior capacidade de refinamento ao longo das iterações. A razão para tal pode ser atribuída pela remoção de centróides ruidosos, ou seja, carros que estavam apenas passando pelo estacionamento e não estavam parados em uma vaga. Nestes casos, o acúmulo errôneo de centróides é evitado. Esses resultados demonstram a viabilidade do método proposto para mapear automaticamente vagas de estacionamento a partir da detecção de veículos, destacando a influência do tamanho do lote no desempenho do processo de agrupamento.

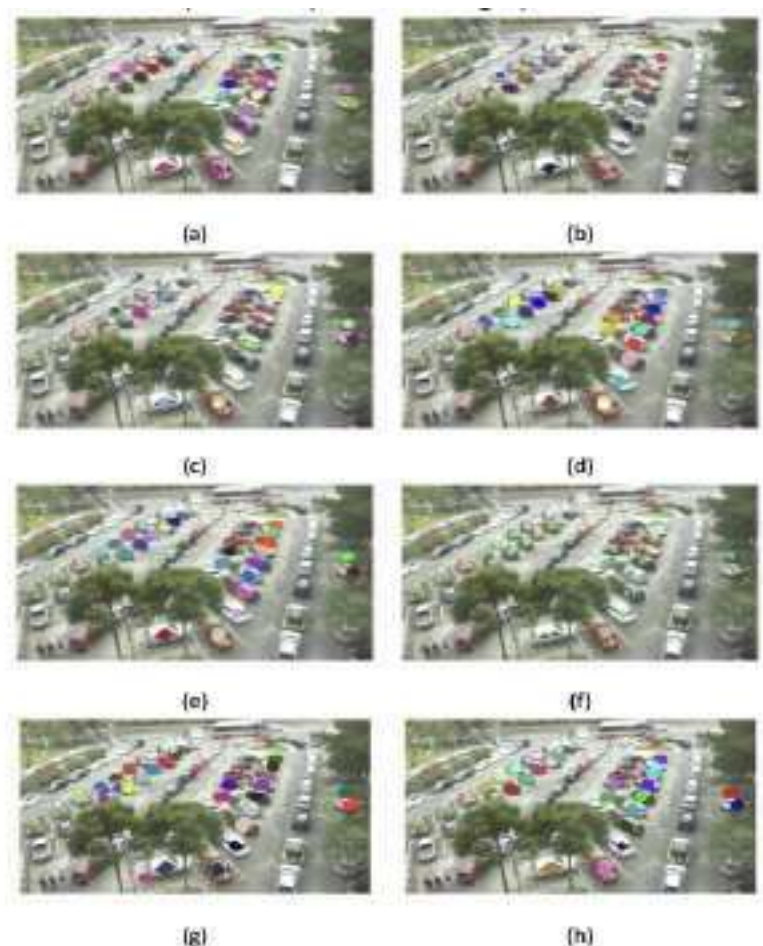


Fig. 1. Distribuição dos centróides nas diferentes técnicas para detectar vagas. (a) Usando o dataset inteiro; (b) Com 1000 imagens; (c) Com 2000 imagens; (d) Com 3000 imagens; (e) Abordagem iterativa com steps de 1000 imagens; (f) Coordenadas dos centróides das vagas; (g) Abordagem iterativa com steps 500 imagens; (h) Abordagem iterativa com steps 1500 imagens

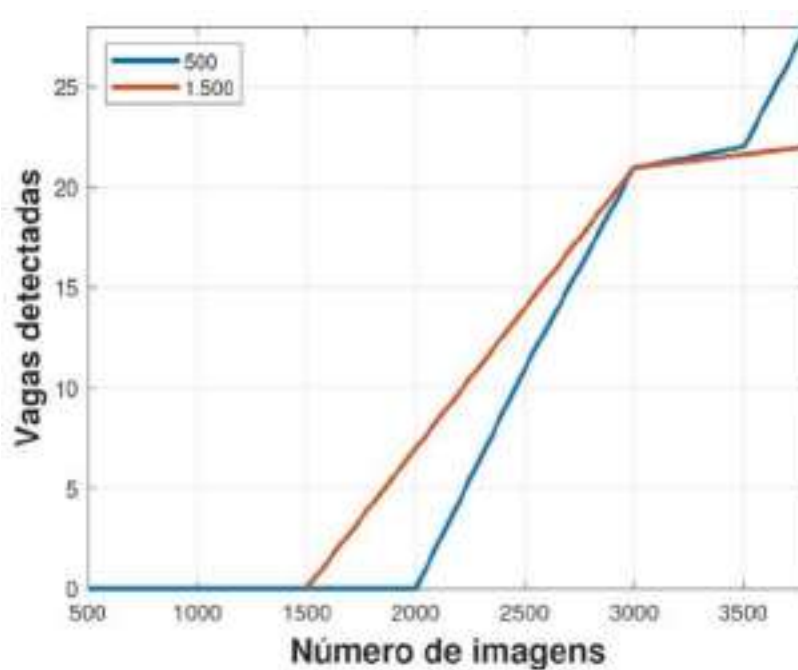


Fig. 2. Vagas detectadas usando a abordagem de agrupamento iterativo.

Tais resultados demonstram a eficácia da combinação da aplicação do YOLOv8 e clusterização com algoritmo DBSCAN para a identificação automática de vagas de estacionamento.

namento, sugerindo que essa abordagem possui potencial para definir local das vagas. Além disso, comparam diferentes variações na obtenção das coordenadas das vagas. No entanto, será necessário um ajuste fino dos parâmetros do DBSCAN para lidar adequadamente com veículos muito próximos ou parcialmente visíveis.

Conclusões

O método proposto demonstrou potencial para a detecção automática de vagas de estacionamento em cenários reais, com intervenção humana mínima. Os experimentos iniciais confirmaram a viabilidade da abordagem, destacando, contudo, a necessidade de ajustes para aprimorar a acurácia. Como trabalhos futuros, pretende-se investigar a padronização e o ajuste fino dos parâmetros utilizados na clusterização, explorar algoritmos alternativos como HDBSCAN, além de avaliar o desempenho da abordagem em diferentes conjuntos de dados, visando sua generalização e robustez.

REFERÊNCIAS

- [1] R. Arnott, T. Rave, and R. Schöb, “Alleviating urban traffic congestion,” MIT Press Books, vol. 1, 2005.
- [2] P. Marwedel, “*Embedded systems foundations of cyber-physical systems, and the internet of things*,” *Embedded System Design; Springer Nature: Cham, Switzerland*, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60910-8>
- [3] K. Reddy, R. Karthikeyan, M. Sudhakar, M. Jabbar, and P. K. Sarangi, “IoT enabled intelligent parking solutions for modern cities,” in 2025 IEEE International Students’ Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS). IEEE, 2025, pp. 1–7. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/SCEECS64059.2025.10940207>
- [4] H. G. V. Assumpção, C. d. S. de Medeiros, G. d. S. P. Duarte, H. B. D. Rolan, and R. P. Fernandes, “Estacionamento inteligente: uma comparação entre sensores ultrassônicos e visão computacional,” in XLII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais. Belém, PA, Brazil: Sociedade Brasileira de Telecomunicações, 01-04 October 2024. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.14209/sbrt.2024.1571036315>
- [5] Y. Liu and S. Shen, “Vehicle detection and tracking based on improved YOLOv8,” IEEE Access, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3538556>
- [6] M. Ester, H.-P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu, “A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise,” in Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96). Portland, Oregon: AAAI Press, 1996, pp. 226–231. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/3001460.3001507>
- [7] P. R. De Almeida, L. S. Oliveira, A. S. Britto Jr, E. J. Silva Jr, and A. L. Koerich, “PKLot – A robust dataset for parking lot classification,” Expert Systems with Applications, vol. 42, no. 11, pp. 4937–4949, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.009>
- [8] F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot, and E. Duchesnay, “Scikit-learn: Machine learning in python,” J. Mach. Learn. Res., vol. 12, no. null, p. 2825–2830, Nov. 2011. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1953048.2078195>
- [9] I. Suneetha, C. Prathima, S. Sirisala, S. Mahalakshmi, K. B. N. K. Reddy, and B. Sambana, “A real time approach for detecting and counting vehicles using opencv and numpy,” in 2025 International Conference on Pervasive Computational Technol-

ogies (ICPCT). IEEE, 2025, pp. 365–370. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ICPCT64145.2025.10940439>

[10] J. D. Hunter, “Matplotlib: A 2d graphics environment,” *Computing in Science & Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 90–95, 2007.

A LATINIDADE NAS TELAS: ANÁLISE SEMIÓTICA DO FILME “ENCANTO”, DA DISNEY^[1]

Giulia Barros Parisi^[2]

Luciana da Cunha e Souza^[3]

Resumo

O presente projeto visa realizar uma análise semiótica do filme “Encanto” (2021), a fim de avaliar o uso de elementos latino-americanos presentes em sua produção e seu papel social como agente da representação da cultura sul-americana na mídia internacional.

Palavras-chave

Cinema de animação. América Latina. Comunicação de massa. Semiótica.

^[1] Este artigo é resultado da pesquisa desenvolvida sob a orientação da Professora Luciana da Cunha e Souza no Programa de Iniciação Científica Voluntária do Ibmec-RJ entre 2024 e 2025.

^[2] Graduanda em Comunicação Social - Publicidade e Propaganda do Ibmec-RJ.

^[3] Doutora em Comunicação pela UFRJ e docente do Ibmec-RJ.

Introdução

O longa-metragem em animação *Encanto*, produzido pelo Walt Disney Studios, e lançado nos cinemas em 2021, foi amplamente aclamado pela crítica e pelo público, ao apresentar uma narrativa original e criativa sobre uma família colombiana com poderes mágicos.

Figura 1 - Divulgação oficial contendo os principais personagens do filme *Encanto* – 2021



Fonte: movies.disney.com

A trama acompanha a personagem Mirabel, que se diferencia do restante de sua família por não possuir dons mágicos. Habitantes da Casita, um casarão mágico formado através dos poderes milagrosos, cada personagem possui habilidades sobrenaturais relacionadas a suas personalidades, como transfiguração, super força, poderes curativos etc. A harmonia da família, porém, passa a ruir quando a casa, juntamente com os dons dos personagens, começam a enfraquecer, levando Mirabel a uma jornada para tentar reverter a situação.

Lançado em 24 de novembro de 2021, *Encanto* tornou-se sucesso de crítica e de bilheteria, acumulando mais de 256 milhões de dólares em receita. Recebendo três indicações ao Oscar, conquistou a estatueta de Melhor Longa-metragem de Animação, sendo aclamado por sua trilha sonora e representação cultural.

Para além de seu papel como fonte de entretenimento, faz-se necessário salientar a influência de *Encanto* no que tange à representatividade da América do Sul em produções audiovisuais internacionais - mais precisamente, àquelas que englobam a cultura de massa.

Sob essa ótica, é notório que a população latino-americana - constituída por indivíduos nascidos nas Américas Central e do Sul e que residem nas regiões ou em outros países - representa uma porção cada vez maior e mais relevante do público consumidor da indústria do entretenimento de massa.

Dessa forma, o intuito desse trabalho é, a partir de uma análise semiótica, evidenciar como a animação *Encanto* pôde trabalhar conceitos históricos, estéticos e culturais da América do Sul, evidenciando as tendências da representação latina na cultura de massa contemporânea.

1- Metodologia e Revisão Bibliográfica

Neste trabalho, adotamos o termo semiótica da forma sugerida pelo autor Umberto Eco: para designar o estudo de um sistema de signos que não depende da Linguística (SOUZA; BORGES; 2020). Os dois autores cujas interpretações a respeito da semiótica serão utilizadas são os teóricos Roland Barthes e Umberto Eco. Quanto ao primeiro, em seu texto *A Retórica da Imagem*, o autor classifica três tipos de mensagens que podem ser utilizadas no processo de análise de uma fotografia publicitária - que, no caso da presente pesquisa, aplica-se às imagens da animação *Encanto*: a linguística, icônica não codificada e icônica codificada.

Na mensagem linguística, o texto atua no processo de contextualização de determinada imagem, denominado ancoragem, ou de revezamento, em que complementa o sentido de uma figura. Já a mensagem icônica não codificada diz respeito ao sentido literal, ou seja, denotativo. No caso da última, a icônica codificada, o foco é extrair o sentido através da conotação, ou seja, a mensagem simbólica presente nas representações.

Outra contribuição de Barthes de suma importância para os estudos semióticos foi a definição dos processos de conotação. Assim, o filósofo os define da seguinte forma:

Segundo o autor em seu livro *A mensagem fotográfica*, a trucagem pode ser compreendida como a manipulação da realidade presente em uma fotografia, que confere sentido conotativo ao antes denotativo, assemelhando-se a um truque. A pose classifica-se como a disposição do elemento retratado, que permite, a partir disso, atribuí-lo a diferentes significados. Já o conceito de objetos refere-se àquilo que não é o elemento central de uma imagem, mas que confere simbologias e associações de ideias.

Analogamente, a fotogenia diz respeito às mensagens de conotação geradas através das técnicas fotográficas como enquadramento, iluminação e tratamento das imagens, enquanto o estetismo se relaciona com o uso de recursos para evocar pinturas ou obras de arte dentro de uma fotografia. E, por fim, a sintaxe se define como a composição de duas ou mais imagens em sequência.

O segundo autor cujas contribuições são notórias para a análise no presente artigo é o italiano Umberto Eco. Semelhante ao autor anterior, também desenvolveu um sistema de níveis de codificação de mensagem, como demonstrado em seu texto *Algumas Verificações: A Mensagem Publicitária*.

Dessa forma, O primeiro deles - icônico - refere-se ao nível denotativo não-codificado. Já o iconográfico trata do sentido conotativo e codificado, enquanto o último - tropológico, diz respeito às figuras de linguagem verbal que são representadas a partir de imagens, como metáforas, a exemplo da correlação entre a imagem de uma auréola com “ingenuidade/santidade”.

Por fim, os últimos dois níveis vão além da análise imagética. Há o nível tópico, que semelhante ao conceito de ideologia, se relaciona com estereótipos ou preconceitos, que podem variar a depender do grupo receptor da mensagem. Finalmente, o nível entimemático, que reforça interpretações anteriormente implícitas, sugerindo uma espécie de nexos causal.

A compreensão acerca das formas com que estes principais autores realizam a análise semiótica é imprescindível para a realização da presente pesquisa, possibilitando rigor científico e ferramentas mais aprofundadas para a observação das múltiplas facetas de códigos e simbologias a serem exploradas.

2- Análise Semiótica: a representação da latinidade presente em Encanto

Mirabel Madrigal é a protagonista do filme Encanto. O principal dilema da personagem é lidar com o fato que ela não conta com nenhum dom mágico. Em relação à sua caracterização, sua roupa é composta por uma blusa branca e uma saia em tons azul-turquesa, com babados nas pontas. Ambas as peças são decoradas com bordados de diferentes cores, texturas e formatos diversos, com desenhos que remetem à fauna, flora, à própria personagem e outros elementos da narrativa. Mirabel também utiliza sapatilhas roxas, brincos azuis e óculos redondos de hastes verdes, sendo a primeira protagonista feminina da Disney a utilizar tal adereço.

Figura 2 - Artes conceituais relativas ao figurino da personagem Mirabel Madrigal



Fonte: The Art of Encanto (2021)

Em termos de conotação cultural, as vestes da personagem contribuem significativamente para sua caracterização como uma mulher latina. Como comprovado pelo livro *The Art of Encanto*, a base das roupas de Mirabel possui inspiração nos trajes femininos típicos de mulheres bolivianas entre os séculos XIX e XX. Para além da referência regional, é possível observar a presença de objetos de conotação:

1. **Óculos:** os óculos comumente remetem à intelectualidade, observação e introversão, sendo um acessório que permite ao usuário enxergar a realidade de maneira aprimorada. Essa descrição dialoga com o papel da protagonista do filme, que consiste em lidar com os verdadeiros problemas e dilemas enfrentados por seus familiares e suas relações uns com os outros, ou seja, sob uma nova ótica, interpretação respaldada por Jared Bush, um dos diretores do longa-metragem, em pronunciamento na rede social X (Twitter).
2. **Borboletas:** as borboletas, em associação à metamorfose, representam transformação pessoal, um dos temas centrais da narrativa. Tal ideia é reforçada pela presença de borboletas amarelas ao longo da trama, em especial, em momentos de significância narrativa, como durante o número musical *Dois Oruguitas*, em que Alma, matriarca da família, narra sua história.

Os demais bordados presentes, principalmente, na saia da personagem, são representados na figura a seguir, retirada da obra *The Art Of Encanto*, que conta com ilustrações originais da produção do filme, e concedem grande material para análise.

3. **Vela:** Nesse contexto, representa a Abuela, matriarca da família, cuja vela de casamento contém o milagre responsável pela Casita e os dons da família.
4. **Onça e Tucano:** associada à força da natureza e agilidade, enquanto o tucano, à conexão natural e alegria. No contexto da narrativa, fazem referência a Antônio Madrigal, primo mais jovem de Mirabel que possui o dom de comunicar-se com os animais.

5. **Olhos:** representam a visão, observação, vigilância e sabedoria. Tal fato, somado à presença da cor verde no bordado, sugere que a figura referencia o personagem Bruno, que possui vestes de tal cor e o dom de acessar visões de acontecimentos futuros.
6. **Mão com haltere:** sugere peso, algo pesado que necessita ser sustentado, já a mão, a força humana necessária para realizar tal ação. Essa representação é uma referência clara a Luisa Madrigal, irmã de Mirabel que possui força sobre-humana, e, metaforicamente, também é sobrecarregada com o “peso” de ser a familiar mais forte da família.
7. **Cesta de buñuelos:** bolo frito típico da Colômbia, nesse contexto, representa o conforto, nutrição e familiaridade. Correlaciona-se com Julieta Madrigal, mãe de Mirabel, que possui poderes curativos que se manifestam através de suas receitas.
8. **Flores:** associadas à delicadeza e feminilidade, e, no caso da narrativa, se relacionam à personagem Isabela Madrigal, que possui o dom de gerar flora.
9. **Camaleão:** animal associado à transformação e adaptação, em virtude de sua característica de adotar cores semelhantes às das superfícies em que habita. Tal símbolo faz referência ao personagem Camilo, que possui o dom da transfiguração.
10. **Rosto de Mirabel:** No contexto da obra, Mirabel substitui uma possível representação mais subjetiva, como a dos demais membros da família, simbolizados através de seus dons, por uma imagem do próprio rosto, sugerindo a ausência de poderes e sua própria importância narrativa como pessoa, uma vez que suas atitudes são responsáveis pela reconciliação familiar.

Do mesmo modo, Eco ajuda a compreender que o traje de Mirabel opera em diferentes níveis de leitura. No iconográfico, os bordados codificam sentidos culturais ligados à família e à tradição latino-americana. No tópico, o figurino reforça o estereótipo da “garota comum” em oposição aos dons extraordinários da família, colocando Mirabel como representante da normalidade diante do mágico, reforçado pelo uso dos óculos. Já no entimemático, o espectador é levado a concluir que, embora a protagonista não possua dons sobrenaturais, ela reúne em si, simbolicamente, os dons de todos os familiares.

Dessa forma, através de suas roupas, é possível identificar conotações relevantes sobre a personagem e sua relação com o mundo latino: o uso de trajes enxergados como “cotidianos” no contexto histórico e temporal da trama reafirma a descrição de Mirabel como “garota comum/média”, o que se conecta a um dos pontos centrais da narrativa — o fato de a personagem não possuir “dons mágicos”. Por outro lado, o traje é enriquecido por bordados artesanais que têm o papel simbólico de reafirmar a personalidade de Mirabel por meio de uma prática cultural local e demonstrar a valorização de seus familiares.

Figura 3 - ilustração de Luisa e padronagens de suas vestes



Fonte: The Art of Encanto (2021)

Paralelamente, Luisa é a irmã do meio de Mirabel, dotada de força sobre-humana. Seu figurino é composto por uma blusa branca simples e uma saia longa em tons roxos. Segundo *The Art of Encanto*, a personagem também utiliza calções por debaixo da roupa. Além disso, ela usa sapatilhas e pulseiras roxas, bem como brincos e um laço vermelho nos cabelos.

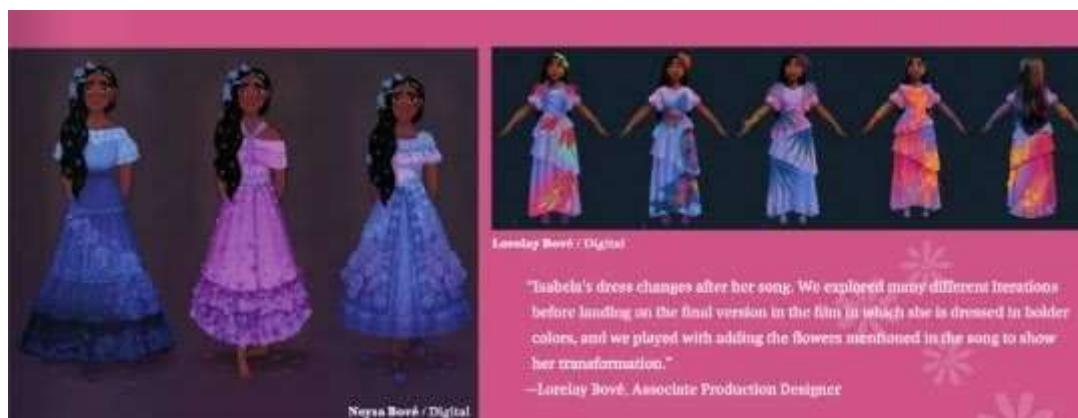
Aplicando-se a metodologia barthesiana, é possível identificar objetos de conotação que auxiliam na representação da personagem. Assim, destacam-se:

- 11. Laço Vermelho:** tradicionalmente, se relaciona com atributos como feminilidade e delicadeza. A escolha da cor vermelha também reforça essa narrativa, agregando teor romântico à sua aparência. Tal detalhe contribui para a desconstrução da personagem como mero estereótipo de “força bruta”.
- 12. Brincos de pérola:** as pérolas são outro elemento associado ao universo feminino, uma vez que possuem funcionalidade como joia, representando pureza, paz, valor e beleza interior.
- 13. Blusa Branca:** remete à simplicidade e praticidade, o que permite que a peça seja a ideal para a execução de trabalhos braçais, como os realizados pela personagem.
- 14. Saia:** de textura simples, a princípio, ajuda a reforçar a imagem austera da personagem. Além disso, cabe notar a escolha da cor violeta, no entanto, oriunda da mistura do azul (serenidade) e vermelho (força).
- 15. Padronagens:** de acordo com *The Art of Encanto*, são inspiradas nas padronagens geométricas, tradicionalmente utilizadas nas vestes colombianas voltadas para dança. Há a adição de halteres ao longo das estampas, símbolo de peso e força, em referência ao dom da personagem.

O figurino de Luisa Madrigal pode ser compreendido em diferentes níveis de leitura a partir da abordagem de Eco. No nível iconográfico, os bordados, estampas e os pesos presentes em sua saia codificam sentidos culturais ligados à tradição latino-americana e à posição da personagem na família, simbolizando força física, e resiliência. No nível tropológico, a combinação de elementos do traje de Luisa ultrapassa o sentido literal, funcionando como metáfora da mulher que carrega não apenas o esforço físico, mas também a sustentação do núcleo familiar

Assim, o mito reforçado pelo figurino de Luisa é o da mulher latina forte e resiliente, cujo papel ultrapassa o físico e se estende ao simbólico: a sustentação do núcleo familiar. Apesar disso, a presença dos acessórios anteriormente citados atua, paralelamente, na desconstrução de um possível estereótipo de “mulher durona, sem sentimentos”, evocando delicadeza e feminilidade (laços e pequenas joias). Tal característica dialoga diretamente com a jornada da personagem, que, ao longo da trama, revela seus sentimentos e vulnerabilidades anteriormente reprimidos.

Figura 4 - Ilustrações da transformação do vestido de Isabela Madrigal



Fonte: The Art of Encanto (2021)

Já a personagem Isabela é a filha mais velha entre as irmãs. Caracterizada inicialmente como a “perfeita” da família, possui a habilidade de gerar flora. Seu figurino, inicialmente, é um vestido lilás de cetim, com babados e mangas curtas em formato sino, decorado por flores. A personagem também utiliza sapatilhas rosa com fitas amarradas nos tornozelos, brincos em diamante violeta-claro e uma orquídea rosa aplicada na lateral da cabeça. Após a performance da canção *What Else Can I Do?* (em português: *Que mais vou fazer?*), sua aparência se transforma completamente, visto que suas vestes passam a apresentar cores vibrantes e despadronizadas, além da aparição de novas espécies de flores.

Tratando-se das vestes iniciais da personagem, o traje apresenta uma série de objetos de conotação:

- 16. Orquídeas:** segundo o livro *The Art Of Encanto*, foi escolhida como a principal para suas vestes, por ser reconhecida como a flor nacional da Colômbia. Além disso, estão associadas a luxo, beleza e sofisticação.
- 17. Vestido lilás em camadas:** o tecido, segundo *The Art of Encanto*, é projetado para assemelhar-se a pétalas de rosas enquanto o lilás simboliza delicadeza, harmonia e suavidade. O corte em camadas controladas sugere rigidez estética, uma feminilidade ordenada e sem excessos.
- 18. Sapatilhas rosa com fitas:** ligada ao estereótipo da mulher graciosa, que se movimenta com suavidade. As fitas amarradas nos tornozelos reforçam a ideia de controle e ornamentação, como se até os pés fossem parte da composição estética impecável.
- 19. Brincos de diamante violeta-claro:** associa a personagem ao luxo e à sofisticação, marcadores visuais que sustentam a imagem de perfeição. O tom violeta-claro ainda dialoga com o lilás do vestido, reforçando a unidade estética.

Após a performance de *What Else Can I Do?*, sua aparência sofre uma ruptura visual, sinalizando a transformação da personagem. Aqui, outros objetos ganham centralidade:

- 20. Cores vibrantes:** rompe com a uniformidade lilás, simbolizando diversidade, vitalidade e liberdade criativa. O excesso de cores funciona como metáfora para o excesso de possibilidades, antes contidas pelo ideal de perfeição.
- 21. Flores de mayo e jacarandás:** essas flores remetem à exuberância e à variedade da flora latino-americana. São espécies menos domesticadas, menos “ornamentais”, e, por isso, marcam o rompimento com a estética da contenção.
- 22. Antúrio laranja:** o antúrio, com sua cor vibrante e formato marcante, simboliza ousadia e ruptura. Se a orquídea era a flor da perfeição, o antúrio é a flor da diferença, da afirmação do inusitado e do não convencional. Não podemos também excluir um componente fálico na forma da planta.
- 23. Mecha de cabelo turquesa:** funciona como signo de desordem criativa, o detalhe cromático reafirma a quebra do padrão e a busca pela autenticidade.

O figurino de Isabela Madrigal opera em múltiplos níveis de leitura a partir da abordagem de Eco. No nível iconográfico, os elementos de seu traje codificam sentidos culturais ligados à tradição latino-americana, à feminilidade e à perfeição estética. O vestido lilás com bordados de orquídeas e as sapatilhas rosa reforçam a imagem da “mulher ideal”, conectando-a à harmonia visual e à tradição familiar, enquanto a flor nacional da Colômbia evidencia sua ligação com a identidade cultural.

No nível tropológico, a metáfora da perfeição e do controle ultrapassa o literal: o figurino simboliza a expectativa de que a mulher seja impecável e harmoniosa. A transformação do traje durante a narrativa representa a ruptura com essas amarras, indicando autenticidade, criatividade e liberdade individual.

Conclusão

Tendo em vista a análise realizada, pôde-se concluir que o Walt Disney Studios obteve êxito em utilizar a composição visual de seus personagens não apenas para transmitir aspectos simbólicos acerca da latinidade, como também da identidade narrativa e diversidade das figuras femininas apresentadas.

Assim, a aplicação dos conceitos de análise semiótica propostos por Roland Barthes e Umberto Eco foram cruciais para a compreensão dos aspectos cobertos por essa pesquisa, uma vez que evidenciaram um conjunto de técnicas responsáveis por atribuir diferentes significados ao corpus analisado. Dessa maneira, conclui-se que essa metodologia é de extrema efetividade para estudos futuros que, de maneira análoga, objetivem a identificação de meios de representação cultural não somente no filme apresentado, como em outros tipos de mídia.

REFERÊNCIAS

- BARTHES, Roland. *A mensagem fotográfica*. In: **O óbvio e o obtuso: ensaios críticos III**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990. p.11-25.
- _____. *A retórica da imagem*. In: _____. **O óbvio e o obtuso: ensaios críticos III**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990. p.27-43.
- BORGES, Virgínia; SOUZA, Luciana da Cunha e. **O Paraíso Publicitário: uma proposta didática de análise semiótica**. Rio de Janeiro, 2020.
- ECO, Umberto. *Algumas verificações: a mensagem publicitária*. In: **A estrutura ausente**. São Paulo: Perspectiva, 1991, p.156-184.

ENCANTO. *Direção: Byron Howard, Jared Bush.* Produção: Clark Spencer, Yvett Merino. Estados Unidos: Walt Disney Pictures, 2021. 1 filme (102 min).

HINDS, Juan Pablo Reyes; PARKS, Natalie Nourigat. **The Art of Encanto.** São Francisco: Chronicle Books, 2021.

SCREENRANT. **Secret meaning of Mirabel's glasses explained [matéria].** Disponível em: <https://screenrant.com/secret-meaning-mirabel-glasses-explained/>. Acesso em: 14 set. 2025.

THEJAREDBUSH. *Tweet (ou publicação no X).* X (antigo Twitter), [s.l.], 14 jan. 2022. Disponível em: https://x.com/thejaredbush/status/1488875738463834116?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1488875738463834116%7Ctwgr%5Efb4cf21776d237719e761fa-0b588f86da7e759e4%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.digitalspy.com%2Fmovies%2Fa39022698%2Fencanto-plot-hole-mirabel-glasses%2F. Acesso em: 30 set. 2025.

VISION-BASED FATIGUE DETECTION USING A SMARTPHONE

Hudson Assumpção^[1],

Rigel P. Fernandes^[2],

Anna Beatriz Nunes Barbosa^[3],

Pedro Henrique Portugal Gusman^[4]

Abstract

Driver fatigue is a critical factor in traffic accidents, especially in long-duration or night-time driving. This project aims to develop a near real-time driver fatigue detection system capable of identifying early signs of drowsiness and alerting the driver to prevent potential accidents. The system uses computer vision techniques to analyze facial features such as eye closure, yawning, and head movements, captured through a smartphone camera. Data processing occurs locally to ensure low latency and immediate response. The goal of the suggested solution is to provide a low-cost, non-invasive, and efficient tool for enhancing road safety, especially in the passenger and freight transportation industries.^[5]

Keywords

Driver Fatigue Detection. Computer Vision. Smartphone-based Monitoring. Real-Time Alert System. Drowsiness Detection.

[1] Estudante de Graduação em Engenharia da Computação no Ibmec-RJ.

[2] Doutor em Engenharia da Defesa pelo IME e docente do Ibmec-RJ.

[3] Estudante de Graduação em Engenharia da Computação no Ibmec-RJ.

[4] Estudante de Graduação em Engenharia da Computação no Ibmec-RJ.

[5] Esse artigo foi publicado inicialmente no Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBrT 2025) <http://doi.org/10.14209/sbrt.2025.1571157331>

1. Introduction

Road transportation is a pillar of the Brazilian economy, accounting for approximately 65% of the country's freight transport [1]. In 2023, there were over 2.18 million trucks in operation (according to the Sindipeças circulating fleet report). Despite its essential role, the sector faces a major challenge: driver fatigue. This issue is a significant factor in road accidents, responsible for 15–20% of them, with over 3,000 fatalities recorded in 2024, based on data from the Federal Highway Police. Truck drivers in Brazil often work long hours with insufficient rest, increasing the risk of accidents [2].

Globally, countries such as the United States, United Kingdom, and Australia have implemented strong regulations and adopted advanced fatigue monitoring systems to enhance road safety [3]. In contrast, Brazil still lacks accessible and effective real-time solutions capable of addressing this issue at scale.

Generally, fatigue is characterized as a state of reduced mental and physical performance capacity, often caused by prolonged wakefulness, insufficient sleep, or extended periods of monotonous activity [4]. In drivers, fatigue can lead to slower reaction times, impaired judgment, diminished vehicle control, and cognitive disengagement—often occurring without conscious awareness. In response, various fatigue detection technologies have emerged, broadly categorized into camera-based, steering behavior analysis, vehicle dynamics monitoring, and biometric monitoring systems. However, these often present limitations in terms of cost, invasiveness, or adaptability to diverse real-world conditions, especially for large-scale deployment.

To address the lack of accessible solutions in Brazil, this study proposes a low-cost, non-invasive, and accessible smartphone-based fatigue detection system. The system employs MediaPipe to track facial landmarks and analyzes key indicators such as eye closure and yawning using Euclidean distance calculations. When signs of fatigue are detected, the system immediately issues alerts, prompting the driver to take necessary action. The proposed solution stands out for its accessibility, as it utilizes widely available smartphone hardware, making it feasible for large-scale deployment in Brazil's trucking sector.

The remainder of this paper is organized as follows: Section II provides a comprehensive review of existing driver fatigue detection technologies. Section III describes the methodology used in our proposed system. Section IV presents the experimental results and a detailed discussion, and Section V concludes with final thoughts and future directions.

2. Related Work

Driver fatigue detection systems are commonly categorized by their sensor modalities. One approach involves direct physiological measures from biometric sensors, which monitor signals like heart rate variability (HRV) and electrodermal activity (EDA) [5], [6], [7]. While these methods offer high precision, they are often considered intrusive and can be costly to implement [8].

A second category includes indirect methods that infer drowsiness from vehicle behavior, such as lane deviation, speed variability [9], [10], and steering patterns [11], [12]. However, the reliability of these vehicle-based indicators can be affected by driving conditions. Consequently, camera-based systems have become a more prominent approach. These non-invasive systems analyze visual cues from the driver—including eye closure [13], yawning frequency [14], [15], head pose [16], and the Eye Aspect Ratio (EAR)—offering a balance of high accuracy and practicality for real-time applications [17].

The computer vision techniques for these systems have evolved from traditional libraries like OpenCV and Dlib to deep learning (DL). Convolutional Neural Networks (CNNs), in particular, offer superior accuracy and robustness by enabling end-to-end learning from video [18], [19]. While smartphones provide a ubiquitous platform for deployment [20], they face challenges related to high computational demands, variable lighting, and ergonomics. Nonetheless, the demand for low-cost, accessible monitoring solutions continues to drive innovation in the field [21].

3. Computer Vision-Based Fatigue detection

A. Problem statement and assumptions

Fatigue, in the context of driving, is a state of physical and mental exhaustion that significantly reduces the ability of a driver to operate a vehicle safely [22]. Tools like the Karolinska Sleepiness Scale (KSS) [TABLE I] attempt to quantify subjective sleepiness by rating drowsiness on a nine-point scale, but such self-assessment methods are not practical for continuous, real-time monitoring in operational environments. To overcome the challenges of traditional driver monitoring systems, this project proposes a computer vision-based approach with only a front-facing smartphone camera and on-device processing.

TABLE I. Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Score	Description
1	Extremely alert
2	Very alert
3	Alert
4	Rather alert
5	Neither alert nor sleepy
6	Some signs of sleepiness
7	Sleepy, but no effort to keep awake
8	Sleepy, some effort to keep awake
9	Very sleepy, great effort to keep awake, fighting sleep

B. The proposed method

The proposed system performs real-time facial landmark detection using MediaPipe, an open-source framework developed by Google. MediaPipe provides detailed facial mapping with up to 468 3D facial landmarks. Key landmarks associated with fatigue include regions around the eyes and mouth, which are used to infer the driver's state[23].

The fatigue is assessed by analyzing facial landmarks and identifying behaviors such as eye closure and yawning.

- **Eye State Detection:** The system calculates the Eye Aspect Ratio (EAR) using six landmarks around each eye:
- A low EAR indicates eye closure. If EAR falls below a threshold (for example, 0.25), it is considered a sign of drowsiness.
- **Yawning Detection:** The Euclidean distance between upper and lower lip landmarks is calculated. A value above a predefined threshold is interpreted as a yawn, and therefore potential fatigue.
- **Temporal Filtering:** To reduce false positives, temporal consistency checks are applied to ensure that short-term actions such as blinking or talking are not misclassified as fatigue.

3. System Latency and responsiveness: Latency plays a crucial role in real-time fatigue detection. The system logs three timestamps:

- Initial detection of eye closure or yawning.
- Time when the detection threshold is satisfied.
- Time when the alert is triggered.

Minimizing this value is essential for timely alerts. In addition to algorithmic latency, camera latency is also important, specifically the time MediaPipe takes to process video frames. MediaPipe includes tools to measure this latency directly. 4. Performance in Low-Light and Variable Lighting Conditions: Figure 1 displays examples of images captured under various illumination levels during testing, to better evaluate robustness in real world environments. Performance is assessed based on:

- False Positives: Incorrectly triggered fatigue alerts.
- False Negatives: Missed fatigue events.

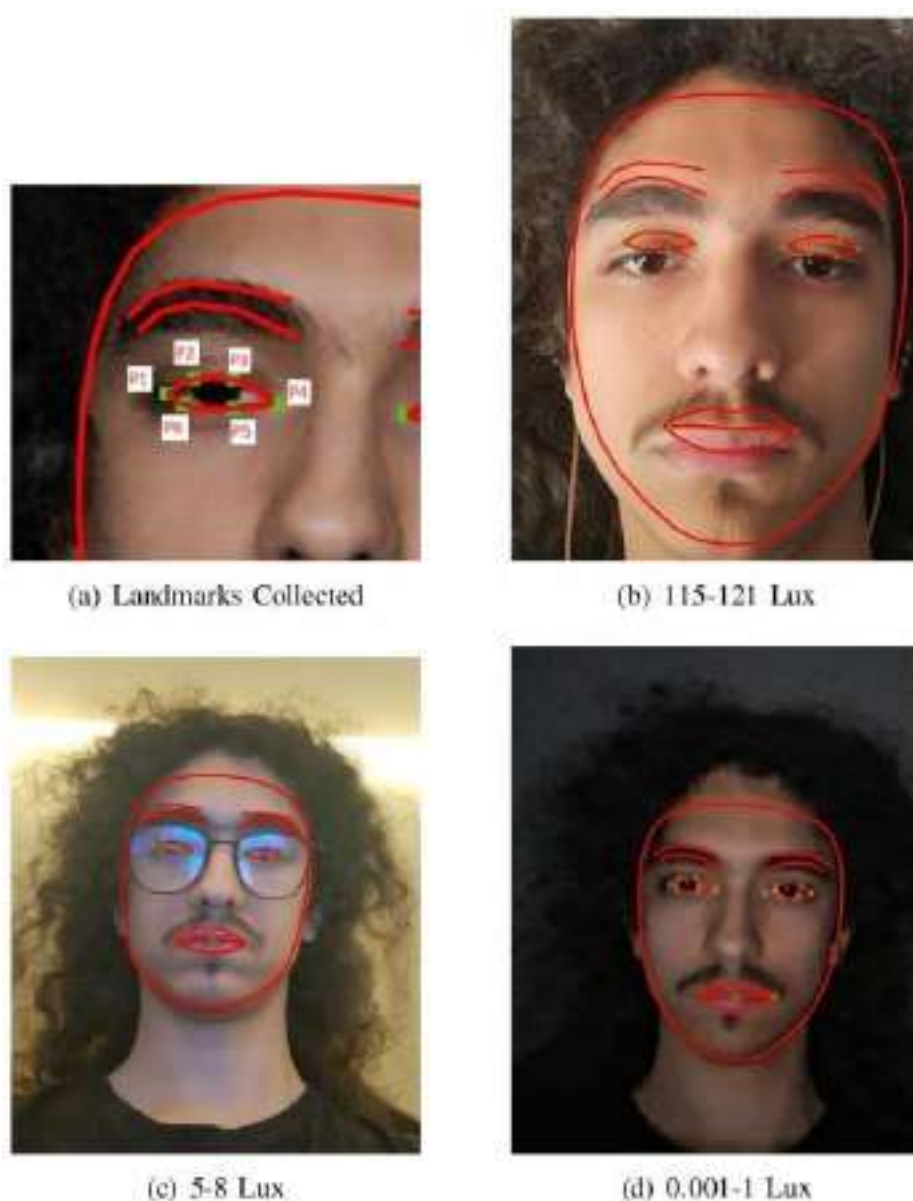


Fig. 1. Test images under varying illumination levels.

These evaluations help validate the reliability of the system in varying ambient light conditions.

4. Results

The experimental results indicate that system performance is highly dependent on camera stability, a crucial factor for applications in moving vehicles. In a test with a moving camera over 27.56 seconds, the system achieved 19.88 FPS but registered a high median latency of 1337 ms across 548 inferences, rendering it unsuitable for real-time use. In contrast, a test with a stable camera and a seated subject over 205.47 seconds yielded a significantly lower median latency of 110 ms. Although the frame rate dropped to 7.50 FPS, this stable setup allowed for 1542 inferences, demonstrating more reliable and timely detection.

Regarding the processing speed of the core algorithms, the latency ranges of 22–46 ms for eye closure detection and 41–56 ms for yawning detection confirm that the processing itself is sufficiently fast for real-time alerts once video frames are stably acquired. Lighting conditions also significantly affected accuracy, as illustrated by the visual quality of inputs in Figure 1. As demonstrated in Tables II and III, the system performed excellently in bright light (115–121 Lux). However, in dimmer (5–8 Lux) and very low light (0.01–1 Lux) settings, both mouth opening and eye closure detection experienced a rise in false negatives and false positives. This confirms that sufficient and stable illumination is crucial for reliable operation.

TABLE II. Mouth Opening Detection Under Varying Light Conditions

Light Level (Lux)	TP	FN	FP
115–121 (Ceiling lamp)	24	1	1
5–8 (Dim room light)	21	4	1
0.01–1 (TV light)	22	3	2

TABLE III. Eye Closure Detection Under Varying Light Conditions

Light Level (Lux)	TP	FN	FP
115–121 (Ceiling lamp)	25	0	3
5–8 (Dim room light)	24	1	2
0.01–1 (TV light)	23	2	4

5. Conclusions

The application demonstrated promising performance, with fast response times and high accuracy under ideal lighting and camera conditions. However, to ensure consistent reliability during nighttime driving-common among truck drivers-it is important to improve the algorithm's robustness in low-light environments. Future work should explore the use of discreet, directed auxiliary lighting that does not interfere with driving, as well as training models specifically tailored for low-light scenarios.

REFERENCES

- [1] R. D. Soliani, "Logistics and transportation in brazilian agribusiness: The flow of grain production," *Journal of Economics, Business and Management*, vol. 10, no. 3, p. 210, 2022.
- [2] R. D. Soliani, L. B. da Silva, and A. de Souza Barbosa, "The effects of fatigue on truck drivers in cargo transportation: A literature review," *Interciencia*, vol. 48, no. 5, 2023. [Online]. Available: https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2023/06/01_6961_A_Soliani_v48n5_8.pdf
- [3] F. V. Narciso and M. T. d. Mello, "Safety and health of professional drivers who drive on brazilian highways," *Revista de Saúde Pública*, vol. 51, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2017051006761>
- [4] W. Vanlaar, H. Simpson, D. Mayhew, and R. Robertson, "Fatigued and drowsy driving: A survey of attitudes, opinions and behaviors," *Journal of safety research*, vol. 39, no. 3, pp. 303–309, 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.12.007>
- [5] F. Wang, D. Chen, W. Yao, and R. Fu, "Real driving environment eeg-based detection of driving fatigue using the wavelet scattering network," *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 400, p. 109983, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165027023002029>
- [6] Y. Jiao, C. Zhang, X. Chen, L. Fu, C. Jiang, and C. Wen, "Driver fatigue detection using measures of heart rate variability and electrodermal activity," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 25, no. 6, pp. 5510–5524, 2024.
- [7] E. Rogado, J. Garcia, R. Barea, L. Bergasa, and M. Guillén, "Driver fatigue detection system," 03 2009, pp. 1105 – 1110.
- [8] S.-Y. Shi, W.-Z. Tang, and Y.-Y. Wang, "A review on fatigue driving detection," *ITM Web of Conferences*, vol. 12, p. 01019, 09 2017.
- [9] Y. Katyal, S. Alur, and S. Dwivedi, "Safe driving by detecting lane discipline and driver drowsiness," in *2014 IEEE International Conference on Advanced Communications, Control and Computing Technologies*, 2014, pp. 1008–1012.
- [10] Y. Nakagama, D. Ishii, and K. Yoshizoe, "Comparison of lightweight methods for vehicle dynamics-based driver drowsiness detection," 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2506.07014>
- [11] Z. Li, S. E. Li, R. Li, B. Cheng, and J. Shi, "Online detection of driver fatigue using steering wheel angles for real driving conditions," *Sensors*, vol. 17, no. 3, 2017. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/3/495>
- [12] Z. Li, Q. Yang, S. Chen, W. Zhou, C. Liukui, and L. Song, "A fuzzy recurrent neural network for driver fatigue detection based on steering-wheel angle sensor data," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 15, 2019.
- [13] T. Abe, "Perclus-based technologies for detecting drowsiness: Current evidence and future directions," *SLEEP Advances*, vol. 4, 01 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1093/sleepadvances/zpad006>
- [14] P. Kietly, M. Sefidgar Dilmaghani, W. Shariff, C. Ryan, J. Lemley, and P. Corcoran, "Neuromorphic driver monitoring systems: A proof-of-concept for yawn detection and seatbelt state detection using an event camera," *IEEE Access*, vol. PP, pp. 1–1, 01 2023.
- [15] X. Fan, B.-C. Yin, and Y.-F. Sun, "Yawning detection for monitoring driver fatigue," 09 2007, pp. 664 – 668.
- [16] I. Choi and Y. Kim, "Head pose and gaze direction tracking for detecting a drowsy driver," *Applied Mathematics and Information Sciences*, vol. 9, no. 2, pp. 505–512, 2015, publisher Copyright: © 2015 NSP Natural Sciences Publishing Cor.

- [17] S. *Essahraoui*, I. Lamaakal, I. El Hamly, Y. Maleh, I. Ouahbi, K. El Makkaoui, M. Filali Bouami, P. Pławiak, O. Alfarraj, and A. A. Abd El-Latif, “Real-time driver drowsiness detection using facial analysis and machine learning techniques,” *Sensors*, vol. 25, no. 3, 2025. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/3/812>
- [18] A. *Madane*, A. Singh, S. Fargade, and A. Dongare, “Real-time driver drowsiness detection using deep learning and computer vision techniques,” *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 12, pp. 222–229, 05 2025.
- [19] Y. *Bhatt*, “State-of-the-art in driver’s drowsiness detection: A comprehensive survey,” *Journal of Information Systems Engineering and Management*, vol. 10, pp. 1024–1040, 04 2025.
- [20] J. *He*, “Fatigue detection using smartphones,” *Journal of Ergonomics*, vol. 03, 01 2013.
- [21] T. *Meireles and F. Dantas*, “A low-cost prototype for driver fatigue detection,” *Multi-modal Technologies and Interaction*, vol. 3, p. 5, 02 2019.
- [22] I. D. Brown, “Driver fatigue,” *Human Factors*, vol. 36, no. 2, pp. 298–314, Jun. 1994.
- [23] Google, “Mediapipe face mesh,” https://github.com/google/mediapipe/blob/master/docs/solutions/face_mesh.md, 2024, accessed: 2025-05-22.

“CRONOLOGIA CARTOGRAFADA”: UM PROCESSO DE PESQUISA EM HUMANIDADES DIGITAIS^[1]

Roberta de Freitas Monteiro^[2]

Resumo

Este artigo expõe meu processo como estudante de iniciação científica integrante do projeto Para uma história global da arquitetura: pensar um instrumento de pesquisa tem como objetivo aperfeiçoar a base digital Cronologia cartografada, dedicada a reunir e analisar dados sobre as reformas no ensino de arquitetura a partir de meados do século XIX. Busca-se compreender a virada pedagógica que marcou o início da modernidade arquitetônica, caracterizada por transformações institucionais, curriculares e metodológicas. Para isso, adota-se a abordagem das histórias conectadas, que permite superar leituras eurocêntricas e construir uma narrativa mais ampla, articulando experiências europeias e latino-americanas. Essa perspectiva entende que processos históricos se constituem por meio de trocas e circulações, e não de forma isolada. Assim, o projeto propõe desenvolver um banco de dados capaz de integrar diferentes tipos de informações e conectá-los a partir de relações temporais e espaciais, favorecendo análises abrangentes e a formulação de novas hipóteses sobre a formação arquitetônica no período. A construção desse repositório envolve tanto o levantamento de fontes quanto a organização rigorosa dos registros para garantir interoperabilidade e futura difusão conforme princípios da ciência aberta. O desenvolvimento da pesquisa utiliza a ferramenta digital Palladio, criada pela Universidade de Stanford. Essa plataforma permite integrar, cruzar e visualizar dados de modo dinâmico, possibilitando mapear padrões, conexões e recorrências entre atores, instituições e geografias. O uso de bibliotecas e repositórios digitais amplia significativamente o escopo da investigação, revelando articulações antes pouco visíveis. Ao incorporar princípios das humanidades digitais, o projeto combina análise crítica e exploração sistemática de dados com visualizações que enriquecem a compreensão histórica. Minha trajetória da pesquisa organiza-se em duas frentes ainda em curso: a primeira, dedicada à consolidação da base de dados e à familiarização com métodos digitais; a segunda voltada à revisão bibliográfica, visitas a arquivos e levantamento documental. Entre os objetivos permanentes estão aprimorar a Cronologia cartografada, fortalecer a interdisciplinaridade e investigar a formação de arquitetos no século XIX e seus impactos na modernidade arquitetônica.

Palavras-chave

História da arquitetura. Humanidades digitais. Histórias conectadas. Palladio. Cronologia cartografada.

[1] Este artigo é resultado da pesquisa desenvolvida sob a orientação da Professora Karolyna de Paula Koppke no Programa de Iniciação Científica Voluntária do Ibmec-RJ entre 2024 e 2025.

[2] Graduanda em Arquitetura e Urbanismo no Ibmec-RJ.

Introdução

Este artigo apresenta as atividades realizadas no âmbito do Programa de Iniciação Científica Voluntária do Centro Universitário Ibmecc RJ enquanto estudante do curso de Arquitetura e Urbanismo, destacando minha contribuição como pesquisadora ao longo do período de atuação. Minha participação teve início em dezembro de 2024, dando continuidade ao projeto Para uma história global da arquitetura: pensar um instrumento de pesquisa, iniciado em agosto do mesmo ano.

O referido projeto tem como objetivo o aprimoramento da base de dados digital provisoriamente denominada Cronologia cartografada, concebida para reunir informações sobre reformas no ensino de arquitetura em meados do século XIX e compreender a virada pedagógica que define a “modernidade” na arquitetura. A proposta surge das reflexões conduzidas na tese de doutoramento da professora e orientadora do projeto, Karolyna Koppke, que levantou dados sobre reformas no ensino de arquitetura na Europa e na América Latina em meados do século XIX^[3].

Nesse sentido, a pesquisa fundamenta-se na teoria da história global, especialmente na abordagem das histórias conectadas, que busca compreender circulações, interações e interdependências entre sociedades. Essa perspectiva é empregada como resposta a lacunas historiográficas persistentes, entre elas o eurocentrismo e a fragmentação das narrativas sobre o ensino de arquitetura no século XIX. Em vez de conceber o movimento pedagógico como um fenômeno unilateral e irradiado da Europa, propõe-se interpretá-lo como resultado de múltiplas trocas, adaptações e reformulações.

Como parte desse esforço teórico-metodológico, foi desenvolvida a plataforma Cronologia cartografada, um instrumento digital voltado ao registro, à organização e à visualização temporal e espacial dos dados levantados. A base articula contribuições da história global com a história da arquitetura e do urbanismo, permitindo análises integradas sobre as reformas de ensino e suas implicações para o campo disciplinar. Trata-se, portanto, de uma ferramenta que não apenas sistematiza informações, mas viabiliza novas leituras historiográficas.

No escopo deste projeto de pesquisa, busca-se transformar a Cronologia cartografada em um desdobramento autônomo da tese, ampliando suas funcionalidades, escopo e aplicabilidade. Pretende-se consolidá-la como recurso interdisciplinar capaz de apoiar revisões críticas da historiografia arquitetônica, incorporando diferentes experiências regionais e promovendo narrativas mais amplas e conectadas sobre a formação da arquitetura moderna.

Por fim, este documento tem como propósito apresentar as etapas de desenvolvimento da pesquisa e identificar desafios e oportunidades para o aprimoramento da base digital, elemento fundamental para a consolidação da metodologia e dos objetivos do projeto. Está organizado em seis seções: esta Introdução; Fundamentação teórica; Metodologia; Desenvolvimento e resultados preliminares; e Considerações finais.

1- Fundamentação teórica

A fundamentação teórica deste projeto se estrutura a partir do diálogo entre três campos inter-relacionados: as histórias conectadas, os estudos sobre a formação dos arquitetos

[3] Intitulada Cruzar o Atlântico e refazer o tempo: um estudo sobre o ensino de história a arquitetos em duas capitais americanas [1854-1864] e desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sob orientação do professor doutor Gustavo Rocha-Peixoto e coorientação da professora doutora Priscilla Alves Peixoto.

nas academias de belas artes no século XIX e as humanidades digitais. A entrada na literatura referente ao primeiro campo ocorreu, inicialmente, pela leitura de Maria Lígia Coelho Prado^[4], cuja crítica ao modelo tradicional de história comparada evidencia as limitações das abordagens eurocêntricas para compreender a complexidade dos processos latino-americanos. Ao denunciar a inadequação de generalizações derivadas desse paradigma, Prado aproxima-se das formulações de Serge Gruzinski^[5] e, sobretudo, de Sanjay Subrahmanyam^[6], para quem as histórias conectadas oferecem um método capaz de articular múltiplas escalas e romper com explicações unilaterais. Como enfatiza Subrahmanyam, essa abordagem exige esforço metodológico rigoroso, ao desafiar fronteiras nacionais e propor análises baseadas nas interações, trocas e influências recíprocas entre sociedades.

Essas reflexões orientam o modo como o projeto compreende a construção da modernidade em arquitetura já a partir do século XIX, particularmente no que se refere às reformas do ensino de arquitetura. Esse período foi marcado por uma intensa reestruturação institucional e pedagógica, impulsionada pelo avanço técnico-científico e pelas transformações geradas pela Revolução Industrial. Trata-se de uma virada pedagógica que redefiniu o papel do arquiteto e demandou a revisão dos conteúdos curriculares, incorporando novas disciplinas e reorganizando as metodologias de ensino. Essas reformas, entretanto, não se desenvolveram de forma isolada: circularam professores, ideias e modelos institucionais entre Europa e América, configurando uma rede transatlântica de influências. A reforma da Academia Imperial de Belas Artes (AIBA) conduzida por Manuel de Araújo Porto-alegre (1806-1879)^[7] dialoga, por exemplo, com as reestruturações da Academia de San Fernando, da Accademia di Belle Arti di Venezia e da Academia de San Carlos, no México, todas ocorridas entre as décadas de 1840 e 1860. Essa constatação reforça a pertinência da abordagem conectada defendida por Gruzinski^[8], segundo a

[4] Maria Lígia Coelho Prado é uma historiadora brasileira e professora especializada em História da América Latina, cuja trajetória se destaca pela atuação interdisciplinar nos campos da história política, da história cultural e da história das ideias. Conferir: COELHO, Maria Lígia. Repensando a história comparada da América Latina. *Revista de História* 153(2), 2005, p. 11-33. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revhistoria/article/view/19004>. Acesso em: 4 dez. 2025.

[5] Serge Gruzinski é um historiador francês cujas pesquisas têm por foco questões latino-americanas, com ênfase no Brasil e, sobretudo, no México, onde trabalha a imagem mestiça e o ingresso do país na modernidade. É professor na Escola de Estudos Avançados em Ciências Sociais (EHESS) e diretor de pesquisas no Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS). Conferir: GRUZINSKI, Serge. *As quatro partes do mundo: história de uma mundialização*. Tradução de Cleonice Paes Barreto Mourão e Consuelo Fortes Santiago. Belo Horizonte: Editora UFMG; São Paulo: EDUSP, 2014. [Original de 2004].

[6] Sanjay Subrahmanyam é um historiador indiano, professor de História Econômica na cátedra de História Indiana da Universidade da Califórnia, em Los Angeles, além de exercer docência no Collège de France. Reconhecido como um dos principais defensores da abordagem das histórias conectadas no âmbito da história global, Subrahmanyam tem desempenhado um papel central na difusão e consolidação dessa perspectiva historiográfica nas últimas décadas. Conferir: SUBRAHMANYAM, Sanjay. *Interlocuções - Sanjay Subrahmanyam*. [Entrevista concedida a] Jonathan Portela; Verônica Calsoni; Raquel Gomes; Bruno Feitler. Youtube, maio, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=w7FFeK9H7ZA>. Acesso em: 4 dez. 2025.

[7] Manuel José de Araújo Porto-Alegre (1806-1879) foi escritor, político, jornalista, pintor, caricaturista, arquiteto, crítico e historiador da arte, além de professor e diplomata brasileiro. A principal reforma da Academia Imperial de Belas Artes (AIBA) ocorreu durante sua direção (1854–1857), quando ele promoveu a atualização dos estatutos da instituição, oficializada pelo Decreto de 1855. Seu objetivo era modernizar o ensino artístico, introduzindo especializações — como arquitetura, pintura, escultura, música e disciplinas acessórias — e incentivando uma produção mais enraizada na realidade brasileira.

[8] *Op. cit.*

qual mapear fluxos de saberes, objetos e instituições é essencial para compreender os processos de modernização.

A dimensão espacial e relacional dessas transformações fundamenta, então, a construção da Cronologia cartografada, concebida como ferramenta digital capaz de integrar documentos diversos e evidenciar padrões, trajetórias e articulações transnacionais. Nesse ponto, o projeto se insere no campo das humanidades digitais, cuja emergência — impulsionada por novas mídias, tecnologias computacionais e inteligência artificial — tem ampliado significativamente a produção de conhecimento nas humanidades. Como afirma Marin Dacos^[9], no Manifesto das Digital humanities, lançado ainda em 2011, essas ferramentas não substituem os métodos clássicos, mas os potencializam ao criar possibilidades de organização, visualização e interpretação de dados. A utilização de plataformas como o Palladio permite, por exemplo, observar relações que dificilmente emergiriam apenas por meio de leituras textuais, revelando redes, conexões e recorrências que estruturam o fenômeno estudado.

Ao mesmo tempo, o uso de tecnologias digitais exige rigor metodológico, especialmente diante da heterogeneidade das fontes e da necessidade de padronização dos dados. Esse desafio dialoga com discussões de Roger Chartier^[10] sobre os efeitos da digitalização no acesso, circulação e interpretação dos documentos. Assim, a integração entre teorias historiográficas e métodos digitais opera como eixo estruturante deste projeto, que busca construir um ambiente de dados interoperável e capaz de revelar, de forma mais ampla e precisa, as dinâmicas transcontinentais que moldaram as reformas do ensino de arquitetura no século XIX.

2- Metodologia^[11]

A partir da perspectiva das histórias conectadas, a Cronologia cartografada foi originalmente elaborada a partir da plataforma do Google Maps denominada My Maps, de interface simples e intuitiva (Figura 1). Tal plataforma consiste em um mapa-múndi cuja escala pode ser constantemente ampliada e reduzida. Cada evento correspondia a um marcador posicionado no mapa e, a esses marcadores, era possível acrescentar informações textuais, imagens, vídeos e hyperlinks em geral.

Já nessa primeira versão do instrumento, organizamos os dados em quatro camadas pré-determinadas: (i) Reformas de academias de belas artes; (ii) Publicações; (iii) Criação

[9] Marin Dacos é cientista da computação e pesquisador do Centre national de la recherche scientifique (CNRS). Reconhecido como um dos principais promotores das humanidades digitais de acesso aberto na França, atua como diretor do Centre pour l'édition électronique ouverte. Também leciona na École des hautes études en sciences sociales (EHESS) Marseille e na Université d'Aix-Marseille. Conferir: DACOS, Marin. Manifesto das digital humanities. THATCamp Paris. 26 mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.58079/uo23>. Disponível: <https://tcp.hypotheses.org/497>. Acesso em: 4 dez. 2025.

[10] Roger Chartier é um historiador francês associado à quarta geração da Escola dos Annales, com atuação destacada no campo da história cultural. Reconhecido internacionalmente por seus estudos sobre a história do livro, da edição e da leitura, Chartier é professor emérito do Collège de France e professor catedrático da École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS). Além disso, atua como professor visitante na Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos. Conferir: CHARTIER, Roger. “Escutar os mortos com os olhos”. Estudos Avançados 24(69), 2010, p. 6-30. [Original de 2007]. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10510>>. Acesso em: 25 maio 2025.

[11] MONTEIRO, Roberta de Freitas; KOPPE, Karolyna de Paula. “Desmaterializar” e “cruzar” arquivos: a escrita da história da arquitetura e as humanidades digitais. In: Anais do 8º Seminário Ibero-Americano Arquitetura e Documentação. Anais... Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 2025. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/8arqdoc/1078558-DESMATERIALIZAR-E-CRUZAR-ARQUIVOS-A-ESCRITA-DA-HISTORIA-DA-ARQUITETURA-E-AS-HUMANIDADES-DIGITAIS>. Acesso em: 5 dez. 2025.

de instituições de ensino; (iv) Outros fatos relevantes. Essas camadas eram manipuladas e visualizadas em uma janela à esquerda da tela, em que os eventos se dispunham em ordem cronológica. A janela facilitava o acesso direto às entradas registradas, além de permitir que as camadas fossem ativadas ou desativadas, controlando-se a visualização, no mapa, dos eventos nelas inscritos^[12].

Figura 1: Aspecto geral da Cronologia cartografada



Fonte: Elaborado pela autora através da plataforma My Maps do Google Maps™ mapping service, uma marca comercial do Google LLC (este projeto não é endossado ou afiliado ao Google de nenhuma forma)

Apesar da utilidade inicial do My Maps para visualizar a distribuição espacial dos dados, a plataforma revelou-se limitada em termos de cruzamento de informações, exploração cronológica refinada e articulação entre múltiplos tipos de registros. Foi no contexto do curso de Humanidades Digitais da FGV^[13], a que anteriormente foi feita referência, que foi possível identificar uma nova ferramenta que complementa e amplia as possibilidades da Cronologia cartografada: o Palladio, desenvolvido pela Universidade de Stanford entre julho de 2013 e junho de 2016 no âmbito dos cursos de humanidades e design.

Voltado à organização e visualização de dados históricos, o Palladio permite articular e cruzar informações e possibilita novas formas de leitura e interpretação. Embora de forma não intencional, a ferramenta se alinha aos princípios das histórias conectadas – que orientam nosso projeto – ao possibilitar a articulação de registros variados em diferentes escalas temporais e espaciais. Com isso, constitui material de trabalho valioso para historiadores que adotam essa abordagem em suas pesquisas.

A historiadora Paula Findlen^[14] afirma que a ferramenta possibilita mapear e representar dados no tempo e no espaço, ampliando significativamente o escopo das interpretações históricas possíveis. A plataforma viabiliza a integração de dados em um único reposi-

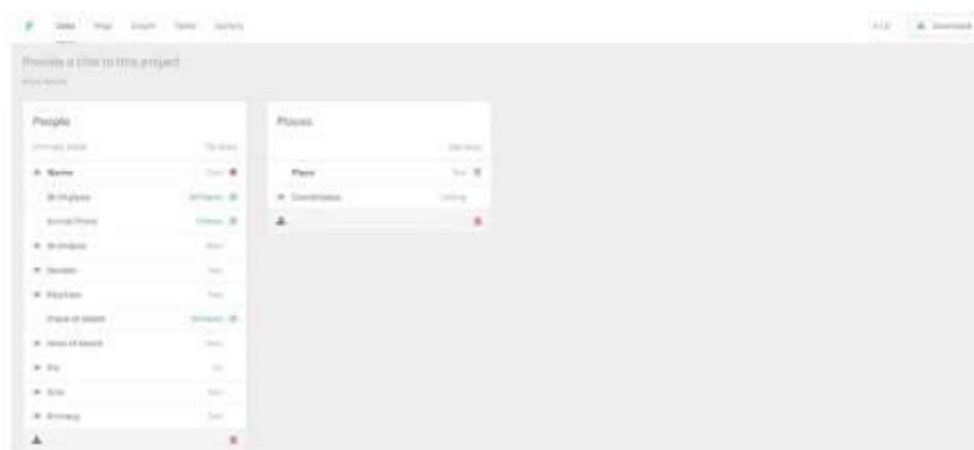
[12] KOPPKE, Karolyna de Paula. Reformas do ensino acadêmico e o “regime moderno de historicidade”: uma cronologia cartografada. In: Seminário do Museu D. João VI, 13., 2022, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos do XIII Seminário do Museu D. João VI: modernidades e tradições em finais do século XIX. Rio de Janeiro: EBA-UFRJ, 2023B. p. 45-56. Disponível em: <https://entresseculos.wordpress.com/publicacoes/publicacoes-eletronicas/>. Acesso em: 5 dez. 2025.

[13] A responsável pelo curso é a professora da instituição e doutora em Sociologia, Juliana Marques. Disponível em: <https://educacao-executiva.fgv.br/cursos/online/curta-media-duracaoonline/humanidades-digitais>. Acesso em: 26 maio 2025.

[14] Paula Findlen é Professora Ubaldo Pierotti de História Italiana na Universidade de Stanford, onde também dirige o Centro Suppes para a História e Filosofia da Ciência e da Tecnologia. Conferir: Humanities + Tools: Palladio. YouTube, 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=nUUVgWxeATs>. Acesso em: 4 dez. 2025.

tório, oferecendo diferentes recursos visuais que facilitam a identificação de padrões, recorrências e articulações entre os eventos, o que fortalece a elaboração de hipóteses interpretativas. Na Figura 2, observa-se a disposição dos modos de visualização na parte superior da interface. Suas visualizações estão organizadas em cinco modos: (i) Data, (ii) Map, (iii) Graph, (iv) Table e (v) Gallery – um avanço notável em relação à nossa ferramenta anterior, que contava apenas com uma interface equivalente ao modo Map. Essa nova estrutura permite uma leitura mais abrangente do corpus documental e estimula a formulação de hipóteses com base em redes de conexões entre registros dispersos. O pesquisador ganha autonomia para explorar associações inesperadas e construir novas articulações interpretativas.

Figura 2: Interface inicial do Palladio – modo Data



Fonte: STANFORD UNIVERSITY. [Site institucional]. Disponível em: <https://hdlab.stanford.edu/palladio/>. Acesso em: 4 dez. 2025.

Com a adoção dessa nova ferramenta, o foco se deslocou da construção da base de dados em si, objetivo inicialmente previsto para o projeto, para a experimentação das potencialidades analíticas oferecidas por sua estrutura. Ainda permanecem questões em aberto, como as estratégias de acesso, a curadoria da linguagem e a estruturação dos dados, mas esta primeira etapa de exploração já revela o potencial transformador da plataforma para a abordagem adotada e para o avanço das investigações em curso.

3- Desenvolvimento e resultados preliminares

Como se registrou na seção anterior, a adoção do Palladio, o projeto avançou da fase de construção da base de dados para a exploração de suas potencialidades analíticas. A primeira etapa concentrou-se na familiarização com o campo das humanidades digitais, enquanto a segunda se dedica prioritariamente à revisão bibliográfica, às visitas a arquivos e ao levantamento de documentação original. Mantêm-se como objetivos centrais o aprimoramento da Cronologia cartografada, o fortalecimento da interdisciplinaridade entre teoria da história, história da arquitetura e humanidades digitais e a investigação das reformas de formação de arquitetos no século XIX e seus impactos na constituição da modernidade.

Na etapa inicial, após o primeiro contato com a ferramenta, exploraram-se seus recursos para compreender o potencial analítico de suas visualizações. Como exercício de familiarização, utilizou-se um arquivo de teste da plataforma, o que possibilitou entender seus cinco modos de visualização e seus sistemas de filtragem. Dessa exploração resultou um manual preliminar de uso, voltado a futuros participantes do projeto de pesquisa. As visualizações evidenciaram o potencial da ferramenta para identificar padrões e recorrên-

cias, enquanto os filtros permitem recortes específicos e maior controle interpretativo. Sua flexibilidade favorece combinações distintas de elementos, estimulando análises comparativas e multiescalares alinhadas às histórias conectadas.

A segunda etapa da pesquisa introduziu uma nova linha de investigação, diretamente relacionada às reformas de ensino e ao uso do Palladio: o estudo da circulação da obra *An Historical Essay on Architecture* (1835), de Thomas Hope^[15]. Foi realizado um levantamento preliminar de instituições nacionais e internacionais que possuíam exemplares do livro, a fim de compreender sua relevância e sua influência nos processos de reforma pedagógica.

A obra foi escolhida por sua influência na formação do pensamento arquitetônico moderno e por sua ampla circulação no espaço atlântico, integrando bibliotecas como as da AIBA e da Academia de San Carlos. Sua presença nesses acervos indica seu uso no ensino de arquitetura e sua adaptação a contextos pós-coloniais, como mostram as iniciativas de Porto-alegre no Brasil e casos semelhantes no México. O percurso do livro evidencia uma rede transnacional de circulação de ideias e práticas pedagógicas. Estudar a obra de Hope permite entender como um texto europeu ganhou novos sentidos na América, contribuindo para identidades artísticas locais e ampliando o repertório historiográfico ao incluir exemplos além dos cânones tradicionais.

Nesse percurso, o Palladio foi empregado como recurso metodológico fundamental. Como ferramenta de humanidades digitais desenvolvida pela Universidade de Stanford, ele permite organizar, cruzar e visualizar dados históricos em diferentes escalas. Através do estudo sobre Hope, foi possível mapear a circulação do *Historical Essay on Architecture* entre instituições europeias e latino-americanas, identificando redes de autores, bibliotecas e contextos de uso pedagógico. Seus modos de visualização facilitaram a percepção de padrões e articulações entre registros dispersos, alinhando-se aos princípios das histórias conectadas e ampliando a interpretação sobre o percurso da obra no século XIX. A visualização gerada representa o nascimento de Hope, a publicação em Londres e a chegada do livro a países como México e Brasil (Figura 3).

[15] Thomas Hope (1769–1831), aristocrata e designer holandês, destacou-se como mediador entre diferentes tradições arquitetônicas em um contexto de intenso intercâmbio cultural no século XIX. Formado a partir de extensas viagens pela Europa, África e Oriente Médio, Hope reuniu um amplo repertório visual e conceitual que orientou sua reflexão sobre arte e arquitetura. A obra *An Historical Essay on Architecture* (1835), concebida como um tratado histórico e pedagógico, é dividida em dois volumes, um textual e outro composto por pranchas, e reflete sua intenção didática de unir teoria e prática. Nela, Hope apresenta uma leitura sistemática da evolução da arquitetura sob uma perspectiva iluminista e racionalista, ressaltando a influência social, cultural e ambiental e valorizando o estilo grego em relação ao romano. Conferir: HOPE, Thomas. *An historical essay on architecture*. Edited by Edward Cresy. London: J. Murray, 1835. Disponível em: <https://archive.org/details/anhistoricalessa01hope>. Acesso em: 7 nov. 2025. WATKIN, David; HEWAT-JABOOR, Philip (Eds.). *Thomas Hope: Regency designer*. New Haven; London: Yale University Press for The Bard Graduate Center for Studies in the Decorative Arts, Design, and Culture, 2008.

Figura 3: Cruzamento dos dados através do modo Map



Fonte: STANFORD UNIVERSITY. [Site institucional]. Disponível em: <https://hdlab.stanford.edu/palladio/>. Acesso em: 4 dez. 2025.

Em síntese, o projeto demonstra como a articulação entre humanidades digitais, história da arquitetura e histórias conectadas amplia as possibilidades de interpretação sobre as reformas do ensino no século XIX. O uso do Palladio qualificou a análise da Cronologia cartografada ao revelar padrões e redes de circulação antes pouco visíveis, enquanto o estudo da obra de Thomas Hope evidenciou como objetos historiográficos ganham novos sentidos quando observados em sua trajetória material e transnacional. Assim, reafirma-se a relevância historiográfica e metodológica do projeto, que propõe uma abordagem inovadora para compreender a formação da modernidade arquitetônica em perspectiva global.

A partir deste ponto, apresento os principais resultados obtidos ao longo da pesquisa entre dezembro de 2024 e dezembro de 2025. Em fevereiro deste ano, atendendo à chamada aberta pelo periódico *Memória e Informação*, da Fundação Casa de Rui Barbosa (FCRB), minha orientadora e eu submetemos o artigo “Uma ferramenta de pesquisa: pensar uma base de dados digital a partir das histórias conectadas”. No texto, discutimos os desafios enfrentados na construção da Cronologia cartografada, abordando questões metodológicas e soluções inspiradas em projetos correlatos, como *Transatlantic Encounters*, *BasArt* e *Atlas dos Viajantes no Brasil*^[16]. O artigo encontra-se em processo de avaliação pelos editores.

No mês seguinte, apresentamos os primeiros resultados do projeto na Mostra de Pesquisa e Extensão do Ibmecc RJ, ocasião que permitiu compartilhar avanços, dilemas metodológicos e perspectivas de continuidade, além de promover uma troca enriquecedora com docentes e estudantes envolvidos em iniciativas de pesquisa e extensão. A participação contribuiu significativamente para meu desenvolvimento enquanto integrante do Programa de Iniciação Científica Voluntária.

Em abril, minha orientadora e eu apresentamos a comunicação “‘Desmaterializar’ e ‘cruzar’ arquivos: a escrita da história da arquitetura e as humanidades digitais” no 8º Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação, organizado pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade

[16] Conferir sítios eletrônicos: *Transatlantic Encounters: Latin American Artists in Interwar Paris*. Disponível em: <https://transatlanticencounters.rrchnm.org/maps>. Acesso em: 29 jan. 2025. *Artlas: Global Digital Database of Exhibition Catalogues*. Disponível em: <https://artlas.humanum.fr/en/>. Acesso em: 29 jan. 2025. *Atlas dos Viajantes no Brasil*. Disponível em: https://viajantes.bbm.usp.br/?q=&filters=&start_year=1500&end_year=2000. Acesso em: 29 jan. 2025.

Federal de Minas Gerais (PPG-ACPS/UFMG). Tomando a Cronologia cartografada como estudo de caso, discutimos as potencialidades das tecnologias digitais para a construção interoperável de acervos e para a renovação dos modos de escrever a história da arquitetura. O texto completo, derivado da comunicação, foi publicado nos anais do evento^[17].

Destaco também a apresentação “A difusão das obras de Thomas Hope entre Europa e América no século XIX”, realizada no XVI Seminário do Museu D. João VI, no Museu Nacional de Belas Artes, em 11 de novembro. Utilizando o Palladio, analisei a circulação do *Historical Essay on Architecture*, de Thomas Hope, e sua incorporação às bibliotecas das academias brasileira e mexicana no século XIX. Essa investigação marca o direcionamento adotado na segunda edição do Programa de Iniciação Científica Voluntária: alimentar a base de dados com novos registros, formular hipóteses a partir dos cruzamentos identificados e aprofundar a pesquisa documental para verificar tais hipóteses.

Por fim, na 1ª Mostra de Iniciação Científica e Pesquisa do Ibmec (6 a 9 de outubro de 2025), apresentei uma versão aprimorada da pesquisa, acompanhada de uma proposta revisada para o manual de uso do Palladio. O presente artigo resulta dessa participação.

Conclusão

O projeto “Para uma história global da arquitetura: pensar um instrumento de pesquisa” reafirma a relevância de integrar histórias conectadas e humanidades digitais para compreender as reformas do ensino de arquitetura no século XIX. Ao aperfeiçoar a Cronologia cartografada e analisar circulações entre Europa e América, o estudo contribui para uma narrativa menos eurocêntrica e mais atenta às conexões transnacionais que moldaram a modernidade arquitetônica. A adoção do Palladio mostrou-se decisiva ao permitir organizar e visualizar dados de modo a revelar padrões e trajetórias invisíveis em abordagens tradicionais, fortalecendo o diálogo entre história da arquitetura e metodologias digitais. O caso da circulação do *Historical Essay on Architecture*, de Thomas Hope, exemplifica esse potencial ao evidenciar como a obra participou da formação de repertórios pedagógicos no espaço atlântico. Assim, o projeto demonstra que a combinação entre pesquisa histórica rigorosa, bases de dados estruturadas e ferramentas de visualização amplia significativamente a capacidade interpretativa da historiografia da arquitetura, oferecendo caminhos mais colaborativos, abertos e globalmente informados.

REFERÊNCIAS

ARTLAS: Global Digital Database of Exhibition Catalogues. Disponível em: <https://artlas.humanum.fr/en/>. Acesso em: 29 jan. 2025.

ATLAS DOS VIAJANTES DO BRASIL. Disponível em: https://viajantes.bbm.usp.br/?q=&filters=&start_year=1500&end_year=2000. Acesso em: 29 jan. 2025.

CHARTIER, Roger. “Escutar os mortos com os olhos”. **Estudos Avançados** 24(69), 2010, p. 6–30, [Original de 2007]. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10510>>. Acesso em: 25 maio 2025.

COELHO, Maria Lígia. *Repensando a história comparada da América Latina*. **Revista de História** 153 92), 2005, p. 11-33. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revhistoria/article/view/19004>. Acesso em: 4 dez. 2025.

[17] Op. cit.

DACOS, Marin. **Manifesto das digital humanities**. THATCamp Paris. 26 mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.58079/uo23>. Disponível em: <https://tcp.hypotheses.org/497>. Acesso em: 4 dez. 2025.

GRUZINSKI, Serge. **As quatro partes do mundo: história de uma mundialização**. Tradução de Cleonice Paes Barreto Mourão e Consuelo Fortes Santiago. Belo Horizonte: Editora UFMG; São Paulo: EDUSP, 2014. [Original de 2004].

HOPE, Thomas. **An historical essay on architecture**. Edited by Edward Cresy. London: J. Murray, 1835. Disponível em: <https://archive.org/details/anhistoricalessa01hope>. Acesso em: 7 nov. 2025.

HUMANITIES + TOOLS: **Palladio**. *YouTube*, 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=nUU-VgWxeATs>. Acesso em: 4 dez. 2025.

KOPPKE, Karolyna de Paula. **Reformas do ensino acadêmico e o “regime moderno de historicidade”**: *uma cronologia cartografada*. In: Seminário do Museu D. João VI, 13., 2022, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos do XIII Seminário do Museu D. João VI: modernidades e tradições em finais do século XIX. Rio de Janeiro: EBA-UFRJ, 2023B. p. 45-56. Disponível em: <https://entresseculos.wordpress.com/publicacoes/publicacoes-eletronicas/>. Acesso em: 5 dez. 2025.

MONTEIRO, Roberta de Freitas; KOPPKE, Karolyna de Paula. **“Desmaterializar” e “cruzar” arquivos**: *a escrita da história da arquitetura e as humanidades digitais*. In: Anais do 8º Seminário Ibero-Americano Arquitetura e Documentação. Anais... Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 2025. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/8arqdoc/1078558-DESMATERIALIZAR-E-CRUZAR-ARQUIVOS--A-ESCRITA-DAS-HISTORIA-DA-ARQUITETURA-E-AS-HUMANIDADES-DIGITAIS>. Acesso em: 5 dez. 2025.

STANFORD UNIVERSITY. *[Site institucional]*. Disponível em: <https://hdlab.stanford.edu/palladio/>. Acesso em: 4 dez. 2025.

SUBRAHMANYAM, Sanjay. **Interlocuções** - *Sanjay Subrahmanyam*. [Entrevista concedida a] Jonathan Portela; Verônica Calsoni; Raquel Gomes; Bruno Feitler. *Youtube*, maio, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=w7FFeK9H7ZA>. Acesso em: 4 dez. 2025.

TRANSATLANTIC ENCOUNTERS: Latin American Artists in Interwar Paris. *Disponível em: https://transatlanticencounters.rchnm.org/maps*. Acesso em: 29 jan. 2025.

WATKIN, David; HEWAT-JABOOR, Philip (Eds.). **Thomas Hope: Regency designer**. New Haven; London: Yale University Press for The Bard Graduate Center for Studies in the Decorative Arts, Design, and Culture, 2008.

O OUTONO JURÍDICO DA IDADE MÉDIA E A ROTEIRIZAÇÃO REPLICADA DE SEU MODELO NA ATUALIDADE^[1]

Isabelle Carvalho Alves^[2]

Introdução

O trabalho tem como objetivo analisar como a crise do direito no fim da Idade Média pode ajudar a entender os desafios do direito no mundo atual. A inspiração para a pesquisa veio da obra “O Outono da Idade Média”, escrita pelo historiador holandês Johan Huizinga. Nela, o autor mostra que o final da Idade Média não foi apenas o começo da modernidade, mas também uma grande crise em suas instituições, costumes e modos de pensar, criando um clima de instabilidade e mudança marcado pelo esgotamento de um modelo social, cultural e jurídico.

Da mesma forma, este estudo propõe a ideia de um “Outono Jurídico”, que significa o momento em que o direito da época medieval começou a entrar em crise, sendo aos poucos substituído por um novo modelo jurídico ligado ao surgimento do Estado moderno. Na Idade Média, o direito era plural, ou seja, existiam diferentes tipos de normas funcionando ao mesmo tempo. O direito romano, o direito da Igreja, os costumes locais e as leis dos senhores feudais conviviam, mesmo que em conflito. Isso criava um sistema com várias fontes de poder e regras, sem um único centro de autoridade.

Com o passar do tempo, esse modelo começou a ser substituído por outro, baseado na centralização do poder pelo Estado. O novo modelo jurídico defendia que só o Estado poderia criar leis válidas, aplicar a justiça e impor sanções. Pensadores como Hobbes ajudaram a justificar esse novo tipo de poder mais centralizado e soberano.

A pesquisa então compara essa mudança com o que está acontecendo no mundo atual. Hoje, o Estado já não é mais o único responsável pelas normas jurídicas. Empresas internacionais, como as grandes plataformas digitais, produzem regras que afetam a vida de milhões de pessoas. Organismos internacionais e tribunais que não pertencem a nenhum país também têm cada vez mais influência. Isso gera um novo tipo de direito, muitas vezes chamado de “neomedievalismo”, onde as regras e os poderes estão novamente espalhados entre muitos atores diferentes, como acontecia na Idade Média.

Esse processo é chamado na pesquisa de “roteirização replicada”. Isso significa que o que aconteceu no passado está, de certa forma, se repetindo hoje. A crise da soberania estatal, a dificuldade de manter um único sistema jurídico centralizado e o surgimento de múltiplas formas de regulação mostram que há paralelos importantes entre o fim da Idade Média e a nossa realidade atual.

Na Idade Média (séculos V ao XV) o direito era formado por diversas fontes, como o Direito Romano, o Direito Canônico, os Direitos Germânicos, os costumes locais e as normas

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação da Professora Beatris Gonçalves do Ibmec-RJ.

[2] Graduanda em Direito no Ibmec-RJ.

advindas dos senhores feudais. Essa convivência criava tensões e conflitos constantes, o que levou, com o tempo, à necessidade de uma autoridade central capaz de unificar as normas jurídicas. O surgimento do Estado moderno foi uma resposta a essa crise. A soberania estatal passou a ser vista como a única forma legítima de produzir e aplicar o direito, apoiada por pensadores como Hobbes e Jean Bodin.

No entanto, a pesquisa levantará a hipótese de que, hoje, estamos vivendo um processo parecido. A soberania dos Estados está sendo desafiada por novos centros de poder, como empresas, organizações internacionais e tribunais supranacionais. Esses novos atores estão criando normas, regulando condutas e aplicando sanções, em muitos casos fora do controle direto dos Estados. Esse fenômeno, que alguns autores chamam de “neomedievalismo”, é entendido aqui como uma “roteirização replicada”, ou seja, uma repetição estrutural do processo vivido no fim da Idade Média.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal analisar as semelhanças entre a crise do ordenamento jurídico na Baixa Idade Média e a crise atual do Estado soberano, buscando compreender como as estruturas de poder e de produção do direito estão se reorganizando no mundo contemporâneo.

Metodologia

A principal técnica aplicada será a pesquisa bibliográfica e documental, realizada com base em livros, artigos científicos, teses e dissertações das áreas de História do Direito, Teoria do Estado, Filosofia do Direito e Relações Internacionais.

Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é analisar como a crise do ordenamento jurídico na Baixa Idade Média pode ser utilizada como modelo analítico para compreender a crise contemporânea da soberania estatal e a reconfiguração do poder jurídico. Por sua vez, os objetivos específicos são: i) estudar as características do pluralismo jurídico medieval e os fatores que contribuíram para sua dissolução; ii) investigar os principais elementos que marcaram a transição do modelo jurídico medieval para o Estado moderno; iii) identificar os sinais contemporâneos de fragmentação da soberania, especialmente no contexto digital, internacional e corporativo; iv) refletir sobre a utilidade do conceito de “roteirização replicada” para análise jurídica comparada.

Fundamentação teórica

Pretende-se mapear semelhanças estruturais entre o declínio do pluralismo normativo medieval e a atual fragmentação do poder jurídico. Espera-se também identificar pontos de divergência, como o papel da tecnologia e a ausência de um fundamento teológico comum, presentes na Idade Média.

Além disso, o projeto poderá oferecer uma nova lente interpretativa para pensar temas contemporâneos como o enfraquecimento da jurisdição estatal e o surgimento de normativas privadas com efeitos globais. Esses resultados poderão servir de base para pesquisas futuras mais aplicadas, inclusive no campo constitucional brasileiro.

Resultados e discussão

Os resultados esperados incluem a criação de um modelo teórico que ajude a entender melhor as transformações jurídicas em tempos de crise. Espera-se que o conceito de “Outono Jurídico” e a ideia de “roteirização replicada” se tornem ferramentas úteis para pensar o futuro do direito diante dos desafios da globalização, da tecnologia e da

fragmentação do poder. Além disso, o estudo pretende contribuir com o debate sobre como garantir os direitos fundamentais em um mundo onde o Estado já não é o único responsável por garantir a justiça.

Conclusão

A análise da crise jurídica na Baixa Idade Média revela importantes paralelos com as transformações atuais no cenário jurídico global. O fenômeno da fragmentação do poder normativo, que marca o fim do sistema medieval e o surgimento do Estado moderno, encontra eco na contemporaneidade, em que a soberania estatal é cada vez mais compartilhada com atores diversos, como empresas multinacionais e organismos internacionais.

Esse movimento indica uma mudança estrutural no modo de produção e aplicação do direito, que desafia modelos tradicionais centrados na autoridade estatal única. Portanto, reconhecer essas dinâmicas é essencial para repensar as bases do direito contemporâneo e buscar formas mais adequadas de regulação e proteção dos direitos em um contexto globalizado e plural.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, José Júlio Gonçalves de; BASTOS, Alder Thiago. *O ensino jurídico na Idade Média*. In: **Revista da Universidade Ibirapuera**. Jul/Dez 18 (2019), p. 32-38.

CAMPOS, Ana Paula Ribeiro de Souza. **O outono da Idade Média e o sétimo selo**. Brasília, 2018.

HESPANHA, António Manuel. **Pluralismo jurídico e direito democrático**. Lisboa: Leya, 2019.

HUIZINGA, Johan. **O outono da Idade Média**. São Paulo: Cosac Naify, 2010.

WOLFF, Philippe. **Outono da Idade Média ou primavera dos novos tempos?** Lisboa: Edições 70, 1988.

WOLKMER, Antonio Carlos; FAGUNDES, Lucas Machado. *Tendências contemporâneas do constitucionalismo latino-americano: Estado plurinacional e pluralismo jurídico*. In: **Pen-sar: Revista de Ciências Jurídicas**, v. 16, n. 2, 2011, p. 371-408.

A VOLKSGEMEINSCHAFT COMO FUNDAMENTO FILOSÓFICO-JURÍDICO DO ESTADO NAZISTA: EXCLUSÃO, COLETIVISMO E DISSOLUÇÃO DO SUJEITO DE DIREITOS^[1]

Lucas Steffens Ferreira dos Santos^[2]

Introdução

No século XX, diversos regimes autoritários emergiram e provocaram mudanças estruturais no campo jurídico e político, entre os quais o nacional-socialismo alemão se consolidou como experiência paradigmática e objeto central de reflexão crítica.

Concebido como princípio de organização social e política que submetia o indivíduo a uma coletividade racial homogênea, a ideologia *Völkisch*, mas especificamente se manifestando através do *Volksgemeinschaft*, foi o centro da teoria e um dos pilares fundamentais para justificar a sistemática exclusão social que o Estado alemão veio a posteriormente empregar.

Analisar o conceito supracitado revela como a característica repressiva do Direito pôde ser transfigurado de forma a justificar a perseguição de minorias, exclusão e a dissolução do sujeito de direitos, sendo estes aspectos que, diante da fragilidade democrática contemporânea, apresentam-se sendo relevantes para o estudo de caso.

Com justificativa primeira, esta pesquisa se baseia na necessidade de melhor compreender os mecanismos filosóficos e normativos cujos empregos permitiram a institucionalização da violência de Estado no Terceiro Reich. Busca-se contribuir para o campo através desta pesquisa ao focar na crítica do Direito quando este se encontra capturado por ideologias excludentes, deslocando o foco da mera análise penal ou genocida e o realocando para os fundamentos filosóficos-jurídicos da ordem nazista. Ademais, a relevância científica emerge ao propor um diálogo que apresente comparações entre a experiência nazista e outras formas de coletivismo jurídico, o que permite, em última análise, a melhor identificar padrões de dissolução da autonomia individual em contextos autoritários.

Mobilizando tanto autores clássicos quanto contemporâneos, presente projeto se utilizará de nomes como Carl Schmitt, Ernst Fraenkel, Franz Leopold Neumann, Giovanni Gentile, Hans Kelsen, Georg F. W. Hegel, Johann Gottlieb Fichte e Giorgio Agamben afim de possibilitar a compreensão da decisão e da exceção como fundamentos da soberania. Com estes aportes teóricos, espera-se constituir uma leitura crítica e interdisciplinar do *Volksgemeinschaft*.

Em síntese, este projeto tem por objetivo analisar o conceito de *Volksgemeinschaft* (comunidade do povo) como fundamento filosófico e jurídico do Estado nazista, com

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação do Professor Marcelo Machado Costa Lima do Ibmec-RJ.

[2] Graduando em Direito no Ibmec-RJ e membro do Grupo de Pesquisa Sociedade Civil e Estado de Direito: mutações e Desenvolvimento (DGP/CNPq-IBMEC). www.socedir.com.br

ênfase em sua instrumentalização normativa para justificar a exclusão de grupos considerados “indesejáveis” e na dissolução do sujeito de direitos no interior de uma lógica coletivista totalitária.

A pesquisa investiga as raízes intelectuais do conceito no pensamento político alemão, suas conexões com o organicismo, o racismo científico e a ideologia *völkisch*, e sua consolidação como princípio estruturante do ordenamento jurídico do Terceiro Reich.

A partir de uma abordagem interdisciplinar, que articula direito constitucional, filosofia política e história do direito, pretende-se compreender como a noção de *Volksgemeinschaft* contribuiu para a negação da autonomia individual e para a legitimação jurídica de um projeto político autoritário e excludente.

O estudo, de natureza qualitativa e com método teórico-dedutivo, utilizará análise doutrinária e documental, confrontando a experiência jurídica nazista com outras formas de organicismo jurídico, como o fascismo italiano e o corporativismo salazarista. Serão mobilizados autores como Carl Schmitt, Ernst Fraenkel, Giovanni Gentile, Hans Kelsen, Franz Leopold Neumann, Georg W. F. Hegel e Giorgio Agamben.

Como resultado, espera-se produzir uma reflexão crítica sobre os riscos da subordinação do direito a ideologias coletivistas excludentes e contribuir para o debate contemporâneo sobre a fragilidade do sujeito de direitos diante de projetos políticos autoritários.

Metodologia

Seguindo uma abordagem qualitativa e teórico-analítica sob um método dedutivo em sua essência, parte-se da hipótese de que o conceito de *Volksgemeinschaft* foi o que estruturou e sustentou a racionalidade jurídica e legitimou a exclusão dos grupos considerados “indesejados” pelo regime nazista.

Sendo conduzida em três frentes, temos (i) análise bibliográfica crítica de obras do campo filosófico e jurídico que ora legitimaram ou problematizaram a expressão da ideologia *Völkisch*, com ênfase na sua expressão do *Volksgemeinschaft*; (ii) leitura e análise de documentos históricos oficiais e de textos legais, como discursos e decisões judiciais durante o período do Terceiro Reich, com foco especial nas Leis de Nuremberg; (iii) realizando uma análise comparativa com outras experiências autoritárias, como o salazarismo português e o fascismo italiano, buscando identificar padrões onde a autonomia judicial foi subordinada a projetos coletivistas.

Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é analisar a função do conceito de *Volksgemeinschaft* na legitimação da exclusão de grupos e como instrumento de reconfiguração do Direito através da busca pela homogeneização étnica e limitação da autonomia individual. Entre seus objetivos específicos seguem: i) investigar as origens filosóficas e ideológicas do conceito de *Volksgemeinschaft* e suas raízes no pensamento político alemão pré-nazista; ii) examinar como esse conceito foi instrumentalizado para moldar a estrutura normativa e institucional do Terceiro Reich; iii) analisar o papel do Direito na exclusão de grupos considerados “estranhos” ao corpo político e na construção de uma cidadania racializada; iv) comparar a *Volksgemeinschaft* com outras formas de coletivismo jurídico, como discursos o fascismo italiano e o corporativismo salazarista; e v) refletir sobre os riscos contemporâneos da instrumentalização de comunitaristas excludentes no campo jurídico e político.

Fundamentação teórica

Para compreender a *Volksgemeinschaft* como um conceito que ultrapassou a retórica do nacional-socialismo e se estabeleceu como princípio central da normatividade de exclusão jurídica no Terceiro Reich, a pesquisa se fundamentará em uma abordagem interdisciplinar que articulará as áreas de direito constitucional, teoria política, filosofia do direito e história das ideias.

O primeiro eixo procurará situar as origens dos fundamentos filosóficos e ideológicos da *Volksgemeinschaft* no idealismo alemão de Fichte e Hegel, que valorizaram a noção de uma comunidade orgânica, assim como no pensamento *volkisch*, no antisemitismo pseudocientífico e no darwinismo social, que naturalizaram a exclusão como um princípio político-jurídico.

O segundo eixo trata da instrumentalização jurídica do conceito, evidenciando como o nazismo substituiu o individualismo liberal por uma lógica organicista e racializada. A teoria do político de Carl Schmitt, baseada na distinção entre amigo e inimigo e na centralidade da decisão soberana, somada à análise do Estado Dual de Ernst Fraenkel, explica como práticas arbitrárias foram normalizadas e legitimadas dentro de uma estrutura formal que preservava aparência legal.

O terceiro eixo irá apresentar uma crítica ao coletivismo jurídico, realizando contrastes da experiência nazista com o liberalismo de Hans Kelsen e com outros modelos de regimes autoritários, tal como o fascismo italiano e o corporativismo salazarista. Se acredita que através dessa comparação será permitido identificar tanto divergências quanto convergências entre os regimes, além de ressaltar os riscos da dissolução da autonomia individual e da instrumentalização do Direito como uma ferramenta de exclusão política e social.

Resultados e discussão

Através de uma análise teórica rigorosa do conceito de *Volksgemeinschaft* e evidenciando suas raízes tanto filosóficas como jurídicas, tal como sua concreta projeção nas estruturas legais do Terceiro Reich, espera-se que esta pesquisa possa contribuir para uma compreensão crítica do papel do conceito citado. Através da investigação será permitido o mapeamento de estratégias jurídicas usadas para substituir princípios do direito liberal por uma lógica de homogeneização étnico-cultural.

Ao comparar a experiência nazista com outros modelos de coletivismo jurídico autoritário, devem ser revelados padrões comuns e distintos de instrumentalização da arquitetura do Direito para fins antidemocráticos. Por fim, espera-se que os resultados possam oferecer base para futuras pesquisas sobre a proteção do sujeito de direitos em contextos de regressão democrática e subsídio teórico para os riscos contemporâneos de normalização institucional de discursos excludentes.

Conclusão

Mediante a análise das raízes ideológicas do conceito de *Volksgemeinschaft*, a forma como ele foi instrumentalizado normativamente e a comparação com outras experiências autoritárias, espera-se fornecer subsídios para reflexões acerca da proteção do sujeito de direitos quando em embate contra discursos excludentes e práticas jurídicas autoritárias. Por fim, essa pesquisa busca oferecer um caminho crítico para a compreensão do *Volksgemeinschaft* como um fundamento filosófico e jurídico do Estado nazista, deixando evidente o seu importante papel na legitimação da exclusão e transfiguração do Direito, tornando-o um instrumento de homogeneização étnica e limitação da autonomia individual.

REFERÊNCIAS

- AGAMBEN, Giorgio. **Estado de Exceção**. São Paulo: Boitempo, 2004.
- FICHTE, Johann Gottlieb. **Discursos à Nação Alemã**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- FRAENKEL, Ernst. **O Estado Dual: a ditadura e o direito no Terceiro Reich**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- GENTILE, Giovanni. **A Doutrina do Fascismo**. São Paulo: Editora Unesp, 2017.
- HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich. **Princípios da Filosofia do Direito**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- KELSEN, Hans. **A Democracia: sua natureza, valor e possibilidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- NEUMANN, Franz Leopold. **Behemoth: The Structure and Practice of National Socialism, 1933-1944**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2009.
- SCHMITT, Carl. **La Dictadura**. Madrid: Talleres Gráficos de Ediciones Castilla, S.A, 1968.
- SCHMITT, Carl. **O Conceito de Político**. Tradução: Luís Barzotto. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

A HORIZONTALIZAÇÃO DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS NAS RELAÇÕES CONTRATUAIS ENTRE PLANOS DE SAÚDE E CONSUMIDORES: DESAFIOS E CONCRETIZAÇÃO DO DIREITO À SAÚDE^[1]

Maloni Cuerci Ribeiro^[2]

Introdução

O presente artigo tem como propósito examinar a aplicabilidade da teoria da horizontalização dos direitos fundamentais nas relações contratuais estabelecidas entre operadoras de planos de saúde e seus consumidores no Brasil. Parte-se da premissa consagrada na Constituição Federal de 1988 de que a saúde é direito de todos e dever do Estado.

Entretanto, a insuficiência estrutural e a crônica deficiência do sistema público de saúde impulsionaram a expansão da saúde suplementar, contexto em que se acentuam debates sobre a qualidade da prestação dos serviços e a vulnerabilidade dos beneficiários. Nesse cenário, torna-se relevante indagar de que modo a eficácia direta e imediata dos direitos fundamentais pode ser utilizada para tutelar o consumidor diante de práticas abusivas, como a recusa injustificada de cobertura ou a rescisão unilateral de contratos.

A Constituição garante o papel do Estado como garantidor das liberdades e da igualdade substancial. Contudo, em uma sociedade plural e complexa, marcada pela força das relações privadas, também nesse espaço emergem conflitos em que direitos e garantias individuais necessitam de proteção. É nesse contexto que se insere a teoria da horizontalização dos direitos fundamentais, a qual sustenta que sua eficácia não se restringe à relação vertical entre Estado e indivíduo, devendo igualmente incidir sobre as relações horizontais, estabelecidas entre particulares.

No âmbito da saúde suplementar, essa perspectiva revela-se imprescindível, uma vez que os contratos firmados entre operadoras e consumidores, embora de natureza privada, repercutem diretamente sobre bens jurídicos inalienáveis, como a vida e a dignidade da pessoa humana. A presente pesquisa, portanto, busca compreender como a horizontalização dos direitos fundamentais se manifesta nesse campo.

Em síntese, o presente trabalho analisa a aplicabilidade da teoria da horizontalização dos direitos fundamentais nas relações contratuais entre operadoras de planos de saúde e consumidores, tendo como eixos o princípio da dignidade da pessoa humana e o direito à saúde. Parte-se da premissa constitucional de que a saúde é direito de todos e dever do Estado, mas a insuficiência do sistema público impulsionou a expansão da saúde suplementar, marcada por assimetrias em desfavor do consumidor.

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação do Professor Carlos Eduardo Guerra de Moraes do Ibmec-RJ.

[2] Graduando em Direito no Ibmec-RJ e membro do Grupo de Pesquisa Sociedade Civil e Estado de Direito: mutações e Desenvolvimento (DGP/CNPq-IBMEC). www.socedir.com.br

O estudo adota abordagem qualitativa, com base em bibliografia, documentos e jurisprudência do STF e STJ, utilizando a Constituição, o Código de Defesa do Consumidor, a Lei nº 9.656/98 e a Lei nº 14.454/2022. Busca-se demonstrar que a aplicação direta dos direitos fundamentais é indispensável para corrigir práticas abusivas e assegurar a efetividade do direito à saúde, reforçando que a horizontalização não é mera abstração, mas instrumento para equilibrar interesses privados e garantir a dignidade humana.

Metodologia

A pesquisa adota abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e documental, com apoio em doutrina, artigos científicos, legislação e jurisprudência. São utilizados como referenciais normativos a Constituição Federal de 1988, a Lei nº 9.656/1998 e o Código de Defesa do Consumidor. Complementarmente, analisa-se a jurisprudência do STF e do STJ sobre a aplicação dos direitos fundamentais em relações privadas e sobre a cobertura de planos de saúde. O método de abordagem é dedutivo, partindo da teoria da eficácia imediata dos direitos fundamentais para analisar sua incidência prática na saúde suplementar.

Objetivos

O estudo tem como objetivos: analisar a aplicação da horizontalização dos direitos fundamentais nas relações entre operadoras e consumidores; compreender a evolução histórica desses direitos e sua incidência nas relações privadas; avaliar o impacto da dignidade da pessoa humana e do direito à saúde nos contratos de planos de saúde; examinar criticamente a Resolução nº 465/2021 da ANS e a interpretação do rol de procedimentos; e demonstrar a importância do diálogo das fontes e da supremacia constitucional para a proteção efetiva do consumidor.

Fundamentação teórica

Os direitos fundamentais, consagrados na Constituição Federal de 1988, consolidaram-se inicialmente como barreira de contenção ao poder estatal sobre o indivíduo. Todavia, a crescente complexidade das relações sociais e a concentração de poder em determinadas entidades privadas evidenciam a necessidade de estender essa proteção também ao âmbito das relações intersubjetivas. Nesse sentido, Moraes (2023) analisa a horizontalização dos direitos fundamentais no texto constitucional de 1988, problematizando sua pretensão de tutela tanto em dimensões públicas quanto privadas. A teoria da horizontalização opera, assim, como mecanismo de democratização da proteção constitucional, buscando combater assimetrias de poder e assegurar a dignidade da pessoa humana nas relações privadas.

A aplicação direta dos direitos fundamentais nas relações entre particulares, defendida por autores como Ingo Sarlet, mostra-se essencial para compreender a tutela do consumidor de planos de saúde. Sarlet (2019) sustenta que a dignidade da pessoa humana não pode ser circunscrita à esfera pública, por se tratar de fundamento basilar de todo o ordenamento jurídico. Dessa forma, em contratos de saúde suplementar, as operadoras não podem se limitar a agir como meros agentes econômicos, uma vez que lidam com bens jurídicos inalienáveis: a vida e a saúde.

O debate em torno da natureza do rol de procedimentos da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), antes emblemático da necessidade de horizontalização, foi substancialmente alterado pela promulgação da Lei nº 14.454/2022. A nova legislação, em resposta à controvérsia instaurada por decisões judiciais que conferiam caráter taxativo ao rol, modificou a Lei nº 9.656/1998, estabelecendo critérios que permitem a cobertura

de exames e tratamentos não constantes da lista da ANS, desde que comprovada sua eficácia científica ou recomendados por órgãos técnicos competentes. Impõe-se, nesse contexto, examinar se os critérios introduzidos pela Lei nº 14.454/2022 são efetivamente suficientes para assegurar a cobertura de tratamentos indispensáveis, sobretudo para consumidores em situação de hipervulnerabilidade (Silva, 2023).

Resultados e discussão

A pesquisa deverá demonstrar que a aplicação direta dos direitos fundamentais é essencial para proteger o consumidor diante de abusos como negativas de cobertura e cancelamentos unilaterais. A jurisprudência, nesse cenário, evidencia que o Poder Judiciário tem atuado como instância de concretização constitucional, corrigindo falhas de mercado e limitações regulatórias. Nesse sentido, o Supremo Tribunal Federal (STF), em julgamento da ADI 7.265, em setembro de 2025, reafirmou a supremacia constitucional ao declarar que a imposição legal de cobertura de tratamentos não previstos no rol da ANS é constitucional, desde que observados parâmetros técnicos e jurídicos. Esta decisão consagra a tese da horizontalização dos direitos fundamentais, pois, embora reconheça a importância do equilíbrio econômico-financeiro e da função regulatória da ANS, ela subordina os interesses econômicos privados das operadoras ao direito fundamental à saúde, à vida e à dignidade da pessoa humana.

Ao definir os cinco critérios cumulativos para a concessão de tratamentos fora do rol, o Tribunal buscou alinhar o setor privado aos mesmos padrões de segurança e efetividade exigidos do SUS. Assim, o STF estabelece que o Judiciário não deve substituir a função técnica da ANS, mas sim atuar como um guardião constitucional que, ao verificar o preenchimento dos requisitos técnicos, assegura que o consumidor hipervulnerável tenha seus direitos efetivados, demonstrando que a horizontalização é instrumento indispensável à preservação da saúde e da dignidade em um setor regido por interesses econômicos.

Conclusão

O estudo confirma a relevância da horizontalização dos direitos fundamentais como base para a proteção dos consumidores de planos de saúde. O direito à saúde deve ser reconhecido como bem inegociável, cuja garantia envolve tanto o Estado quanto os particulares. Impõe-se, assim, uma interpretação jurídica que harmonize os interesses econômicos das operadoras com a supremacia dos valores constitucionais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei nº 9.656, de 3 de junho de 1998**. Dispõe sobre os planos e seguros privados de assistência à saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 jun. 1998.

BRASIL. **Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 set. 1990.

BRASIL. *Supremo Tribunal Federal*. **Ação Direta de Inconstitucionalidade n. 7.265**. Assunto: Cobertura por planos de saúde de tratamentos não previstos no rol da ANS.

HUNT, Lynn. **A invenção dos direitos humanos: uma história**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

MORAIS, Clarice Paiva. *Horizontalização dos direitos fundamentais individuais na Constituição de 1988: pretensão de proteção pública ou privada?* In: UNI GOIÁS. **Estudos sobre o Direito Civil**. Goiânia: UniGOIÁS, 2023.

SARLET, Ingo Wolfgang. **A dignidade da pessoa humana na Constituição Federal: construção e fundamentação de um conceito jurídico**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2019.

SARLET, Ingo Wolfgang. **Curso de direito constitucional**. São Paulo: Saraiva Educação, 2025.

SILVA, Lorena Marquete da. *Análise do art. 2º da Resolução 465/2021 da ANS em face da (hiper)vulnerabilidade do consumidor na saúde suplementar*. In: UNI GOIÁS. **Estudos sobre o Direito Civil**. Goiânia: UniGOIÁS, 2023.

A CRIMINALIZAÇÃO DA LGBTFOBIA PELO STF: IMPACTOS JURÍDICOS E SOCIAIS DA ADO 26 E DO MI 4733 NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS E DAS TEORIAS CRÍTICAS DA JUSTIÇA SOCIAL^[1]

Maria Eduarda Santos Velinças^[2]

Introdução

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 representou uma inflexão paradigmática no tratamento jurídico dos direitos fundamentais, ao eleger a dignidade da pessoa humana como fundamento da ordem constitucional e ao estabelecer um compromisso explícito com a promoção da igualdade e a vedação de todas as formas de discriminação. Contudo, mais de três décadas após a promulgação desse texto constitucional, persistem, no país, estruturas históricas de exclusão que afetam especialmente grupos vulneráveis, entre os quais se insere a população LGBTQIA+, alvo recorrente de violência física, simbólica e institucional.

O Brasil ocupa, segundo dados produzidos por organizações especializadas, um dos primeiros lugares nos índices globais de homicídios motivados por LGBTfobia, fenômeno que não pode ser reduzido a episódios isolados, mas compreendido como expressão de um padrão estrutural de preconceito. Esse quadro de violência convive com a ausência de um marco normativo específico voltado à proteção penal contra atos discriminatórios motivados por orientação sexual ou identidade de gênero, o que revela uma omissão legislativa que perdura há mais de duas décadas. Desde a apresentação do primeiro projeto de lei sobre o tema, em 2001, a inércia do Poder Legislativo, somada ao agravamento dos índices de violência, contribuiu para um cenário de insuficiência na tutela de direitos, que acabou por deslocar para o Poder Judiciário a responsabilidade de oferecer respostas normativas urgentes.

Nesse contexto, as ações constitucionais ADO 26 e MI 4733, julgadas pelo Supremo Tribunal Federal, tornaram-se paradigmáticas. Ambas partiram do reconhecimento da inércia do Poder Legislativo para, por via interpretativa, equiparar a LGBTfobia ao crime de racismo, com fundamento na Constituição e na legislação já existente, de modo a assegurar proteção mais efetiva aos direitos fundamentais desse grupo. As decisões, embora celebradas por seu alcance protetivo, suscitaram intenso debate acadêmico e institucional quanto aos limites da atuação do Poder Judiciário e ao fenômeno do chamado ativismo judicial, reabrindo discussões clássicas sobre a separação dos poderes

[1] Resumo Expandido elaborado sob a orientação do Professor Marcelo Machado Costa Lima do Ibmec-RJ.

[2] Graduanda em Direito no Ibmec-RJ e membra do Grupo de Pesquisa Sociedade Civil e Estado de Direito: mutações e Desenvolvimento (DGP/CNPq-IBMEC). www.socedir.com.br

e a legitimidade democrática das decisões judiciais em contextos de omissão legislativa prolongada.

A análise dessas decisões transcende, assim, o plano estritamente jurídico: exige a compreensão das relações entre reconhecimento e redistribuição, dimensões centrais da justiça social contemporânea, bem como o exame das consequências práticas da atuação judicial para a vida das pessoas LGBTQIA+. Nesse sentido, este projeto pretende desenvolver uma leitura interdisciplinar e crítica das decisões proferidas na ADO 26 e no MI 4733, integrando a dogmática constitucional brasileira com os aportes teóricos das teorias críticas da justiça social, com destaque para a proposta de Nancy Fraser, que articula o binômio redistribuição/reconhecimento como estratégia para a superação de injustiças complexas.

Em síntese, a pesquisa propõe analisar a atuação do Supremo Tribunal Federal na criminalização da LGBTfobia, por meio da ADO 26 e do MI 4733, diante da omissão legislativa prolongada sobre o tema. A pesquisa examinará a fundamentação jurídica adotada pela Corte e os impactos sociais dessas decisões, a partir de uma abordagem interdisciplinar que articula o direito constitucional e as teorias críticas da justiça social. Além de problematizar o papel do STF e os limites da atuação judicial em um Estado Democrático de Direito, pretende-se compreender os efeitos concretos dessa intervenção para a proteção de direitos da população LGBTQIA+.

O estudo, de natureza qualitativa e com método dedutivo, utilizará análise documental (decisões judiciais, dados empíricos e produção doutrinária) e diálogo teórico com autores como Nancy Fraser, Ingo Sarlet, Flávia Piovesan e Juliano Zaiden Benvindo. Busca-se, como resultado, produzir reflexões capazes de subsidiar políticas públicas e ampliar o debate acadêmico acerca da omissão legislativa, ativismo judicial e promoção da justiça social.

Metodologia

A pesquisa adotará uma abordagem qualitativa, de natureza teórico-analítica, desenvolvida sob um método essencialmente dedutivo. Parte-se do exame das bases constitucionais e da jurisprudência do Supremo Tribunal Federal para, à luz das teorias críticas da justiça social, analisar os impactos jurídicos e sociais da criminalização da LGBTfobia. A investigação será estruturada em duas frentes complementares.

Na primeira, proceder-se-á a uma análise documental e hermenêutica, abrangendo as peças processuais, votos e acórdãos relacionados à ADO 26 e ao MI 4733, bem como dados empíricos sobre violência homotransfóbica produzidos por organizações da sociedade civil e institutos de pesquisa. Esse levantamento possibilitará compreender a estrutura argumentativa das decisões e a forma como o STF tem buscado suprir a omissão legislativa.

Na segunda frente, a pesquisa será orientada por uma análise bibliográfica crítica, que integrará a produção doutrinária em direito constitucional, teorias da separação de poderes e autores ligados às perspectivas críticas da justiça social. O diálogo entre esses referenciais teóricos e os materiais empíricos levantados permitirá não apenas identificar os fundamentos dogmáticos que sustentam a intervenção judicial, mas também avaliar seus efeitos concretos na proteção dos direitos da população LGBTQIA+.

Todo o percurso investigativo será conduzido em perspectiva interdisciplinar, considerando as dimensões históricas, jurídicas e sociopolíticas do fenômeno estudado, a fim de produzir uma análise mais abrangente, consistente e capaz de oferecer conclusões relevantes para o debate acadêmico e para a formulação de políticas públicas.

Objetivos

O objetivo geral deste estudo é analisar os impactos jurídicos e sociais das decisões do STF na ADO 26 e no MI 4733, avaliando sua contribuição para a proteção da população LGBTQIA+ e a promoção da justiça social. Para tanto, a pesquisa investigará as razões da omissão legislativa, examinará os fundamentos constitucionais das decisões, avaliará seus efeitos concretos para a população LGBTQIA+, analisará o papel do STF à luz da teoria de Nancy Fraser e buscará contribuir para o debate acadêmico sobre ativismo judicial e políticas públicas.

Fundamentação teórica

O referencial teórico da pesquisa, de caráter interdisciplinar, articula dogmática constitucional, teorias da justiça social e estudos críticos de gênero e sexualidade.

No eixo da teoria constitucional e do controle de omissão legislativa, mobiliza Jorge Reis Novais (papel do Judiciário em lacunas), André Ramos Tavares (tensões na separação de poderes) e Juliano Zaiden Benvindo (crítica ao protagonismo judicial e à hipertrofia das cortes).

Para direitos fundamentais e dignidade da pessoa humana, são centrais Ingo Wolfgang Sarlet (2015) e Flávia Piovesan (2017) (dignidade e proteção de minorias). As teorias críticas da justiça social incluem Nancy Fraser e Axel Honneth (2003) (redistribuição/reconhecimento) e Iris Marion Young (1990) (opressão estrutural).

Em direito antidiscriminatório e estudos de gênero, incorporam-se Judith Butler (1993) (construção social das identidades) e Richard Miskolci (2009) (transformações culturais e identidades sexuais).

Essa base teórica será confrontada com a análise das decisões da ADO 26 e MI 4733 e dados empíricos sobre violência LGBTQIA+ no Brasil, buscando um diálogo entre teoria e realidade social para compreender a atuação do STF.

Resultados esperados

Espera-se que esta pesquisa contribua para a produção de conhecimento crítico e interdisciplinar acerca do papel do Supremo Tribunal Federal na proteção dos direitos fundamentais em contextos de omissão legislativa, tomando como referência a criminalização da LGBTfobia.

Entre os principais resultados previstos está a elaboração de uma análise sistematizada das decisões proferidas na ADO 26 e no MI 4733, evidenciando não apenas a estrutura argumentativa das Cortes, mas também os seus efeitos normativos e sociais. Busca-se compreender em que medida tais decisões foram capazes de produzir respostas efetivas para a tutela da população LGBTQIA+, bem como mapear seus limites e desafios em um contexto institucional marcado pela insuficiência das políticas públicas e pela resistência legislativa.

Espera-se ainda que o estudo forneça insumos teóricos para o aprimoramento do debate sobre a função contramajoritária do Judiciário, o alcance do ativismo judicial e a necessidade de construção de um modelo de justiça social que integre redistribuição e reconhecimento, em diálogo com a teoria de Nancy Fraser. Ao final, almeja-se que as conclusões possam servir de referência para futuras pesquisas acadêmicas e subsidiar políticas públicas voltadas à inclusão e à igualdade substancial de minorias sexuais e de gênero, reforçando o compromisso.

Conclusão

Este projeto de pesquisa, ao analisar a atuação do Supremo Tribunal Federal na criminalização da LGBTfobia, busca oferecer uma compreensão aprofundada dos impactos jurídicos e sociais das decisões proferidas na ADO 26 e no MI 4733. A investigação visa não apenas sistematizar a argumentação da Corte e seus efeitos normativos, mas também avaliar a efetividade dessas decisões na tutela da população LGBTQIA+, mapeando os desafios e limites em um cenário de insuficiência de políticas públicas e resistência legislativa.

Espera-se que os resultados contribuam para o debate acadêmico sobre o ativismo judicial e a função contramajoritária do Judiciário, fornecendo subsídios teóricos para a construção de um modelo de justiça social que integre redistribuição e reconhecimento, conforme a teoria de Nancy Fraser.

Em última instância, as reflexões geradas almejam servir de referência para futuras pesquisas e subsidiar a formulação de políticas públicas voltadas à inclusão e à igualdade substancial de minorias sexuais e de gênero.

REFERÊNCIAS

BENVINDO, Juliano Zaiden. **Supremocracia**. Malheiros, 2019.

BUTLER, Judith. **Bodies That Matter: On the Discursive Limits of Sex**. New York: Routledge, 1993.

FRASER, Nancy; HONNETH, Axel. **Redistribution or Recognition? A Political-Philosophical Exchange**. London; New York: Verso, 2003.

MISKOLCI, Richard. *A Teoria Queer e a Sociologia: o desafio de uma analítica da normalização*. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 11, n. 21, p. 150-182, jan./jun. 2009.

NOVAIS, Jorge Reis. **Limites dos Direitos Fundamentais**. Fundamento, justificação e Controlo. Coimbra: Almedina, 2021.

PIOVESAN, Flávia. **Direitos Humanos e o Direito Constitucional Internacional**, 17. ed., São Paulo: Saraiva, 2017.

SARLET, Ingo Wolfgang. **A dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**, 10. ed., Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

TAVARES, André Ramos. **Paradigmas do Judicialismo Constitucional**. São Paulo: Saraiva, 2012.

YOUNG, Iris Marion. **Justice and the Politics of Difference**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1990.

CHOQUES GEOPOLÍTICOS E PANDÊMICOS NO PROCESSO DE CONVERGÊNCIA DE RENDA GLOBAL^[1]

Pedro Possik Salamene Regalado,

Camila Melo

Victor Feliciano^[2]

Introdução

O estudo da convergência de renda entre países é central na economia do crescimento. Modelos neoclássicos, como o de Solow-Swan, sugerem que economias mais pobres crescem mais rápido que as ricas devido a retornos marginais decrescentes do capital e difusão tecnológica, gerando convergência beta (relação inversa entre renda inicial e taxa de crescimento) e, quando há redução da dispersão de renda, convergência sigma. Na prática, porém, a convergência é condicional a fatores como capital humano, instituições e abertura comercial.

Este projeto de iniciação científica investiga os efeitos de choques sistêmicos globais sobre o processo de convergência de renda entre países no período recente. A teoria econômica sugere que economias mais pobres tendem a crescer mais rapidamente que as ricas, promovendo convergência de renda (convergência beta e sigma). Contudo, eventos disruptivos como a pandemia de COVID-19 (2020), a guerra Rússia-Ucrânia, o conflito Israel-Hamas (2021), a alta de juros globais (2022-2024), a crise das cadeias de suprimentos (2023) e o avanço de políticas protecionistas americanas (2025) podem ter rompido essa dinâmica, afetando de forma assimétrica economias desenvolvidas e em desenvolvimento.

A hipótese central é que esses choques interromperam ou reverteram a convergência de renda global, com maior impacto sobre países de baixa e média renda. Para testá-la, será utilizada metodologia quantitativa com regressões de painel e modelo de convergência beta condicional, incorporando os choques e controles como vacinação, políticas fiscais, abertura comercial e governança. Os dados serão obtidos em bases como FMI, Banco Mundial, Our World in Data e PRIO. Espera-se encontrar evidências de desaceleração ou reversão da convergência no período pós-choques, com efeitos heterogêneos entre grupos de países e implicações relevantes para o desenho de políticas multilaterais voltadas à redução da desigualdade global.

Justificativa

Compreender como choques sistêmicos afetam a convergência de renda é crucial para formular políticas que mitiguem desigualdades. A pandemia expôs assimetrias na capacidade fiscal, no acesso a vacinas e na infraestrutura de saúde, levando a trajetórias

[1] Resumo Expandido elaborado sob a orientação da Professora Mariya Brussevich do Ibmec-RJ.

[2] Estudantes de Graduação em Economia no Ibmec-RJ.

de recuperação heterogêneas e sugerindo divergência de renda no pós-crise. A alta dos preços de energia e alimentos, decorrente da Guerra Rússia-Ucrânia, atingiu de forma desproporcional países importadores de baixa renda, agravando inflação e insegurança alimentar.

A crise nas cadeias de suprimentos e a inflação persistente mostraram como choques de oferta podem combinar efeitos recessivos e inflacionários. O conflito Israel-Hamas adicionou risco geopolítico em região estratégica para energia e comércio. A alta de juros globais elevou o custo de financiamento e o risco de estagflação, especialmente em economias emergentes endividadadas. Por fim, novas rodadas de protecionismo ameaçam o comércio internacional e a inserção de países em desenvolvimento. Assim, torna-se urgente analisar, de forma integrada, como esses choques moldam a dinâmica recente de convergência de renda e quais países são mais vulneráveis.

Revisão Bibliográfica

Teorias de Convergência de Renda

A teoria neoclássica indica convergência de renda pela combinação de retornos decrescentes do capital e difusão tecnológica. Barro e Sala-i-Martin formalizaram a convergência beta (simples e condicional) e a convergência sigma (queda da dispersão da renda). Críticas a esse arcabouço levaram a modelos de crescimento endógeno, que enfatizam inovação, capital humano e instituições, sugerindo que a convergência não é automática e depende de políticas de longo prazo.

Impacto de Pandemias

Estudos recentes (Brussevich et al., Levy Yeyati e Filippini, Furceri et al.) mostram que a COVID-19 teve efeitos desiguais sobre crescimento e desigualdade. Países com maior capacidade fiscal e maior cobertura vacinal se recuperaram mais rapidamente, enquanto países pobres sofreram perdas persistentes, sugerindo divergência de renda no médio prazo.

Conflitos Geopolíticos

Conflitos como a Guerra Rússia-Ucrânia e o conflito Israel-Hamas geram choques em preços de energia e alimentos, volatilidade financeira e desorganização de fluxos comerciais, com impactos mais severos sobre economias vulneráveis. Evidências de organismos como ODI, MPRA e UNCTAD apontam para custos econômicos e sociais significativos e potenciais efeitos de divergência.

Políticas Comerciais e Protecionismo

A literatura sobre protecionismo destaca que tarifas e barreiras reduzem eficiência, comércio e bem-estar global. Estudos relacionados ao “tarifaço” americano mostram que tarifas podem reduzir PIB, emprego em setores expostos e competitividade, além de prejudicar a integração de países em desenvolvimento às cadeias globais de valor.

Choques Macroeconômicos: Inflação e Juros Globais

A crise nas cadeias de suprimentos, combinada à guerra na Ucrânia, impulsionou a inflação global, levando bancos centrais a elevar juros. Essa alta encarece o financiamento, desestimula investimento e aumenta risco de estagflação, especialmente em economias emergentes, dificultando sua trajetória de convergência.

Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é avaliar o impacto dos choques geopolíticos e pandêmicos que afetaram a economia global entre 2020 e 2025 sobre o processo de convergência

de renda entre países, com ênfase nas diferenças entre economias desenvolvidas e em desenvolvimento. Os objetivos específicos são: i) verificar se houve interrupção ou reversão da convergência (beta e sigma) após a COVID-19, considerando fatores como vacinação e capacidade fiscal; ii) examinar os efeitos da Guerra Rússia-Ucrânia e da crise nas cadeias de suprimentos e inflação sobre preços de commodities, comércio e convergência; iii) investigar o impacto do conflito Israel-Hamas e da alta de juros globais sobre volatilidade financeira, fluxos de investimento e custo de financiamento; iv) avaliar o potencial impacto de políticas protecionistas (“Tarifas Trump 2.0”) sobre comércio e distribuição de renda entre países; v) identificar grupos de países mais vulneráveis e mais resilientes aos choques; vi) verificar implicações de política para fortalecer resiliência e promover convergência em ambiente de choques recorrentes.

Metodologia

Será utilizada análise quantitativa com modelos de painel no período 2016–2025, comparando o pré-choques (2016–2019) com o período de choques (2020–2025). O modelo de convergência beta condicional terá como variável dependente a taxa de crescimento do PIB per capita e incluirá: (i) o nível inicial de renda; (ii) controles estruturais (saúde, política fiscal e monetária, abertura comercial, capital humano, governança); e (iii) variáveis de choque (dummies e indicadores de intensidade). Interações entre dummies de choque e renda inicial permitirão captar efeitos diferenciados por nível de desenvolvimento.

Paralelamente, será calculada a convergência sigma pela evolução da dispersão do log do PIB per capita entre países. Os dados virão de FMI (WEO), Banco Mundial (WDI), Our World in Data, Oxford COVID-19 Government Response Tracker, PRIO e Federal Reserve Bank of New York (GSCPI). Os países serão agrupados por nível de renda (classificação Banco Mundial), grau de abertura comercial e estrutura econômica (exportadores de commodities, manufaturas, serviços). As estimações serão realizadas em Python. Limitações incluem a complexidade de estabelecer causalidade e a qualidade dos dados, mitigadas por testes de robustez e análises comparativas.

Resultados Esperados

Espera-se evidenciar interrupção ou desaceleração significativa do processo de convergência de renda global no pós-2020, com: i) maior divergência entre países com menor acesso a vacinas e menor capacidade fiscal; ii) impactos negativos dos choques de energia, alimentos e cadeias de suprimentos sobre países importadores e vulneráveis; iii) efeitos adversos da alta de juros globais sobre economias emergentes endividadas; e iv) potenciais perdas de bem-estar associadas a políticas protecionistas, sobretudo em países dependentes de mercados externos. A convergência tende a tornar-se mais seletiva, beneficiando países com maior resiliência institucional, fiscal e produtiva. As conclusões deverão reforçar a importância da cooperação internacional em saúde, finanças e comércio para mitigar efeitos assimétricos de choques globais e apoiar um crescimento mais inclusivo.

REFERÊNCIAS

BRUSSEVICH, Mariya; LIU, Shihui; PAPAGEORGIOU, Chris. **Income convergence or divergence in the aftermath of the COVID-19 shock?** Washington, D.C.: IMF, 2020. (IMF Working Paper, WP/20/270). <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2022/06/17/Income-Convergence-or-Divergence-in-the-Aftermath-of-the-COVID-19-Shock-519804>

DEATON, Angus. **COVID-19 and global income inequality**. Cambridge, MA: NBER, 2021. (Working Paper, n. 28392). <https://www.nber.org/papers/w28392>

EUROPEAN CENTRAL BANK. *Supply chain disruptions and the effects on the global economy*. **Economic Bulletin**, 7, 2022. Disponível em: https://www.ecb.europa.eu/press/economic-bulletin/focus/2022/html/ecb.ebbox202108_01~e8ceebe51f.en.html.

INTERNATIONAL MONETARY FUND. *How war in Ukraine is reverberating across world's regions*. **IMF Blog**, 15 mar. 2022. Disponível em <https://www.imf.org/pt/Blogs/Articles/2022/03/15/blog-how-war-in-ukraine-is-reverberating-across-worlds-regions-031522>.

KPMG. **Russia-Ukraine war impact on supply chains and inflation**. 2022. Disponível em: <https://kpmg.com/kpmg-us/content/dam/kpmg/pdf/2022/economic-analysis-russia-ukraine-war-impact-supply-chains-inflation.pdf>.

MPRA. **Impact of the Israel-Hamas war on the global economy**. MPRA Paper, n. 119066, 2023. Disponível em: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/119066/>.

NBER. **The causal effects of global supply chain disruptions on inflation**. Cambridge, MA: NBER, 2022. (Working Paper, n. 30434). <https://www.nber.org/papers/w30434>

ODI. **Beyond the battlefield: the Russia-Ukraine war's economic toll on Africa three years on**. ODI, 22 fev. 2023. Disponível em: <https://odi.org/en/insights/beyond-the-battlefield-the-russiaukraine-wars-economic-toll-on-africa-three-years-on/>.

TAX FOUNDATION. **Trump tariffs: tracking the economic impact of the Trump trade war**. Disponível em: <https://taxfoundation.org/research/all/federal/trump-tariffs-trade-war/>.

UNCTAD. *Economic crisis worsens in Occupied Palestinian Territory amid ongoing Gaza conflict*. **UNCTAD News**, 26 set. 2023. Disponível em: <https://unctad.org/news/economic-crisis-worsens-occupied-palestinian-territory-amid-ongoing-gaza-conflict>.

WORLD BANK. **Global economic prospects**. Washington, D.C.: World Bank, 2024. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects>.

WORLD BANK. **COVID-19 and economic inequality: short-term impacts with long-term consequences**. Washington, D.C.: World Bank, <https://documents1.worldbank.org/curated/en/219141642091810115/pdf/COVID-19-and-Economic-Inequality-Short-Term-Impacts-with-Long-Term-Consequences.pdf>

SEGURANÇA PÚBLICA E O USO DE RECONHECIMENTO FACIAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: PERSPECTIVAS E MARCOS LEGISLATIVOS

Amanda Beatriz Colares Lessa^[1]

Resumo

A crescente adoção de tecnologia de reconhecimento facial (TRF) pelas forças de segurança pública no Estado do Rio de Janeiro tem gerado preocupações diante da ausência de regulação específica e possibilidade de impactos sobre direitos fundamentais, sobretudo no caso de populações vulneráveis. Este estudo, vinculado ao Grupo de Estudos Constitucionais (GECON), analisa se os marcos legislativos propostos na Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro (ALERJ), entre 2019 e 2025, incorporam mecanismos de prevenção de abusos e proteção de direitos, frente os debates sobre os riscos e violações decorrentes da implementação da TRF no âmbito da segurança pública. Os resultados parciais evidenciam que não há lei estadual em que autorize expressamente o uso da TRF pelos órgãos de segurança do Estado. Observa-se, no entanto, a existência de diversos projetos de lei, os quais demandam uma apreciação conjunta e sistemática, com vistas à construção de um marco legal que assegure a proteção dos direitos fundamentais e em observância ao princípio do estado democrático.

Palavras-chave

Reconhecimento facial. Segurança pública. Estado do Rio de Janeiro. Marcos regulatórios. Direitos fundamentais.

[1] Advogada. Especialista em Direitos Humanos. Bacharel em Direito pelo Ibmec-RJ. Pesquisadora do Grupo de Estudos Constitucionais (DGP/CNPq-IBMEC).

Introdução

Nas últimas décadas, a segurança pública brasileira incorporou inovações tecnológicas para ampliar a eficiência das ações policiais. Nesse contexto, a tecnologia de reconhecimento facial (TRF) surge como ferramenta de identificação de procurados e no monitoramento de espaços públicos para fins de segurança pública.

Apesar de ser auxiliar às forças de segurança, seu uso é alvo de controvérsias devido à discriminação algorítmica, potencial incompatibilidade com princípios constitucionais e a ausência de regulação específica ao nível federal.

Essa ausência permite que cada unidade federativa avance de modo próprio. O Estado do Rio de Janeiro, desde 2019, vem ampliando projetos e investimentos, gerando críticas sobre o uso em regiões periféricas e sobre a falta de dados públicos auditáveis.

Este trabalho, um recorte da pesquisa desenvolvida pelo Grupo de Estudos Constitucionais (GECON)^[2], adota uma abordagem empírica com três eixos: revisão bibliográfica, para identificar debates teóricos; análise quantitativa e qualitativa, de leis e projetos de lei da ALERJ para identificar diretrizes e lacunas legislativas, no período de janeiro de 2019 a agosto de 2025^[3]; coleta de reportagens e relatórios que evidenciam a aplicação prática da tecnologia no território fluminense.

O recorte temporal inicia-se em 2019, com a implantação do projeto-piloto de relevância com TRF e se estende até agosto de 2025, período em que se concluiu o presente estudo. O objetivo é verificar se as proposições legislativas da ALERJ abordam as preocupações sobre os riscos e violações de direitos fundamentais da TRF. Busca-se, ainda, identificar se tais proposições preveem mecanismos de prevenção, reparação de danos e transparência, ou se apenas legitimam as práticas do Executivo estadual.

A hipótese defendida é que, apesar da existência de proposições legislativas, predomina a ausência de marcos regulatórios consistentes e articulados, incapazes de garantir a proteção adequada de direitos fundamentais, em especial dos grupos sociais mais vulneráveis, diante da crescente adoção dessas tecnologias.

1. A tecnologia de reconhecimento facial (TRF)

A TRF baseia-se na análise dos traços de um indivíduo e no cruzamento automatizado com bases de dados. Esse processo compara imagens capturadas com registros pré-existentes, podendo gerar identificações corretas ou falsos positivos. Segundo Azevedo (2022), o objetivo desse cruzamento é responder à pergunta “de quem é esse rosto?”^[4].

No campo da segurança pública, a tecnologia é vista como uma ferramenta atraente por permitir verificações em larga escala de infratores e a atuação policial mais ágil. Para tanto, seu uso gera três posições: a defesa irrestrita dos investimentos; o banimento total da TRF; e o uso condicionado a regras que protejam direitos e limitem o poder estatal.

[2] Projeto de pesquisa Negócios, Segurança Pública e Tecnologias, GECON/Ibmec-RJ, sob a coordenação da Prof. Dra. Eleonora Mesquita Ceia. O projeto de pesquisa busca, por meio de pesquisa empírica fundamentada em bibliografia pertinente, analisar a legislação subnacional brasileira (estadual, municipal e distrital) no que se refere ao uso de tecnologias de reconhecimento facial na área da segurança pública, de modo a avaliar seu impacto sobre o exercício de direitos fundamentais, em específico dos grupos sociais mais vulneráveis.

[3] Os termos de busca utilizados para a pesquisa das leis e projetos de lei no portal oficial da ALERJ foram: reconhecimento facial, identificação biométrica, identificação facial e videomonitoramento.

[4] AZEVEDO, Cynthia Picolo Gonzaga de *et al.* “Tire Meu Rosto da Sua Mira”. In: CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler. Tecnologia, Segurança e Direitos. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p. 143-170.

As duas últimas posições decorrem das controvérsias sobre a TRF, sobretudo sua baixa precisão na identificação de pessoas negras, indígenas e asiáticas^[5]. Ao incorporar vieses raciais, sociais e de gênero, a tecnologia tende a reforçar estigmatização desses grupos. Conforme aponta Azevedo, tal falha é incompatível com garantias fundamentais^[6], pois se apoia em bases de dados que reproduzem desigualdades. Ceia e De Teffé acrescentam que a taxa de erro resulta tanto dos vieses algorítmicos quanto da escolha dos locais onde as câmeras operam^[7].

As preocupações também envolvem o risco de a tecnologia ser usada como instrumento de controle e repressão contra grupos politicamente divergentes ou minorias marginalizadas. Azevedo menciona seu para identificação em manifestações, como ocorreu em Pequim (China) e durante os protestos do Black Lives Matter (EUA)^[8].

A falta de transparência no uso da tecnologia é outro ponto crítico. Dados essenciais, como locais de instalação, finalidade, tempo de armazenamento e bases de dados utilizadas, raramente são públicos^[9], exceto mediante requerimento administrativo. Isso dificulta o controle social e inviabiliza a verificação de falhas por auditorias independentes.

Soma-se a isso a desatualização das bases de dados: a manutenção de registros imprecisos ou obsoletos eleva o risco de falsos positivos, afetando desproporcionalmente determinados grupos e violando direitos como privacidade, presunção de inocência e igualdade.

Diante dessas falhas técnicas, dos vieses algorítmicos e dos conflitos com direitos fundamentais, o uso do reconhecimento facial permanece altamente controverso. No Brasil, o debate crescente sobre a TRF é impulsionado, segundo Duarte^[10], por três fatores: o histórico de insegurança, o discurso punitivista em ascensão e a idealização de que a tecnologia permite ao Estado “fazer mais com menos”.

Embora a tecnologia esteja presente no país desde 2011^[11], a justificativa para sua adoção permanece a mesma: a crença de que ela aprimora as políticas de segurança ao ampliar o alcance da ação policial e produzir bons resultados operacionais, auxiliando na redução da criminalidade e na manutenção da ordem^[12].

[5] Trecho do relatório: “As preocupações com o uso dessas tecnologias não são infundadas. Estudos técnicos e jurídicos demonstram que os sistemas de reconhecimento facial ainda apresentam desafios significativos em termos de precisão, segurança e impacto sobre direitos fundamentais. Pesquisas conduzidas pelo National Institute of Standards and Technology (NIST) apontam que esses sistemas apresentam taxas de erro desproporcionalmente elevadas para determinados grupos populacionais, sendo de dez a cem vezes maiores para pessoas negras, indígenas e asiáticas em comparação com pessoas brancas”. NUNES, Pablo et al. Mapeando a vigilância biométrica [livro eletrônico]: levantamento nacional sobre o uso do reconhecimento facial na segurança pública. Rio de Janeiro: CESeC, 2025, p.5.

[6] AZEVEDO et al, *op. cit.*, 2022.

[7] CEIA, Eleonora; DE TEFFÉ, Chiara. Reconhecimento facial e segurança pública nas cidades: uma análise crítica na perspectiva das competências federativas e dos direitos fundamentais. In: CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler. Tecnologia, Segurança e Direitos. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p. 197-225.

[8] AZEVEDO et al, *op. cit.*, 2022, p. 149.

[9] NUNES, Pablo et al. Mapeando a vigilância biométrica [livro eletrônico]: levantamento nacional sobre o uso do reconhecimento facial na segurança pública. Rio de Janeiro: CESeC, 2025.

[10] DUARTE, Daniel Edler. Biometria facial e segurança pública. In: CEIA; DUARTE, *op. cit.*, 2022, p. 61-88.

[11] INSTITUTO IGARAPÉ. Reconhecimento facial no Brasil, Rio de Janeiro, 2019.

[12] DUARTE, *op. cit.*, 2022.

No Brasil, esse debate se torna ainda maior, pois a implementação da TRF avança em meio a um vácuo regulatório. Conforme observam Ceia e De Teffé, a normativa federal é omissa quanto a exigências essenciais, como relatórios de impacto e proteção de dados, supervisão humana em verificações positivas, protocolos de abordagem e mecanismos de responsabilização por erros e abusos^[13]. Nunes complementa ao defender a divulgação obrigatória de novos contratos para fins de controle social, a definição clara do período de armazenamento e o descarte imediato de dados que não sejam necessários às investigações^[14].

Conclui-se que a implementação da TRF reflete a crescente confiança do poder público na tecnologia estratégia para enfrentar problemas de segurança. Ao mesmo tempo, suscita debates sobre a privacidade dos cidadãos em espaços coletivos e os riscos associados aos vieses algorítmicos. Diante da ausência de uma regulamentação federal consolidada, diversas assembleias legislativas estaduais, como a do Rio de Janeiro, passaram a propor marcos regulatórios próprios.

2. Entre lacunas normativas e o uso da TRF no Estado do Rio de Janeiro: a atuação da ALERJ e os contrapesos necessários

2.1 Trajetória da tecnologia no Estado do Rio de Janeiro

Desde 2019, quando o governo implantou um projeto-piloto de relevância^[15], a TRF passou a ser utilizada como aliada no combate à criminalidade e na localização de pessoas desaparecidas. Segundo levantamento da Rede de Observatórios da Segurança, do Centro de Estudos de Segurança e Cidadania (CESeC), a tecnologia esteve envolvida em aproximadamente 37% das prisões e abordagens realizadas no estado do Rio de Janeiro entre março e novembro daquele ano^[16].

Apesar dos resultados considerados positivos pelas forças policiais, também nesse período ocorreu o primeiro caso conhecido de falso positivo: uma mulher foi conduzida indevidamente à delegacia após ser identificada de forma equivocada, embora a pessoa correspondente ao registro já estivesse presa^[17]. O episódio evidenciou falhas na atualização das bases de dados e nos procedimentos de verificação.

A persistência de falsos positivos e de inconsistências cadastrais permanece sem solução. Entre os episódios registrados, destacam-se: uma mulher detida em Copacabana

[13] *Ibid.*

[14] NUNES, op. cit., 2025.

[15] SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR. Polícia Militar vai implementar programa de reconhecimento facial e de placa de veículos. SEPM, 22 jan. 19. Disponível em: <https://sepm.rj.gov.br/2019/01/policia-militar-vai-implantar-programa-de-reconhecimento-facial-e-de-placa-de-veiculos/>. Acesso em: 17 ago. 2025.

[16] A Rede de Observatórios da Segurança monitorou os casos de prisões e abordagens com o uso de reconhecimento facial desde que ele foi implantado em março de 2019 e descobriu que, dos casos em que havia informações, 90,5% das pessoas presas, flagradas pelas câmeras, eram negras. A Bahia liderou o número de abordagens e prisões com a nova técnica: 51,7% das prisões, seguida do Rio, com 37,1%, Santa Catarina, com 7,3%, Paraíba, com 3,3% e o Ceará, com 0,7%. Disponível em: <https://www.intercept.com.br/2019/11/21/presos-monitoramento-facial-brasil-negros/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

[17] 5. 17 G1. Sistema de reconhecimento facial da PM do RJ falha, e mulher é detida por engano. 11 ago. 19. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/07/11/sistema-de-reconhecimento-facial-da-pm-do-rj-falha-e-mulher-e-detida-por-engano.ghml>. Acesso em: 6 ago. 2025.

por conta de mandado de prisão já revogado, mas ainda mantido no sistema^[18]; outra mulher identificada de forma equivocada a partir de um cadastro que possuía mandado em aberto^[19]; e um homem abordado em uma clínica, em Bonsucesso, devido à semelhança com uma imagem do banco de dados^[20].

Outra questão recorrente é a dificuldade de acesso a dados confiáveis sobre os resultados da TRF. A falta de divulgação acessível sobre o total de abordagens, positivas ou negativas^[21], impede a avaliação da taxa de acerto do sistema e contraria princípio da transparência.

De acordo com levantamento do CESeC (Panóptico)^[22], o governo estadual justifica o sigilo dos relatórios com base na LGPD^[23]. No entanto, o estudo aponta outros aspectos relevantes: não há uso de aprendizado de máquina, o sistema opera com base em “manchas criminais” e há apenas a alegação de existência de protocolos para evitar discriminação.

Outro aspecto relevante é a expansão da TRF para áreas como Jacarezinho e a Muzema^[24], sob o argumento de “violência na região”, justificativa também observada pelo Panóptico, o que reforça o risco de militarização e de seletividade racial no uso da tecnologia^[25]. Segundo Nunes, Silva e Oliveira, a decisão relacionada ao Jacarezinho é marcada pela

[18] GRINBERG, Felipe; ARAÚJO, Vera. Mulher identificada por reconhecimento facial em Copacabana é solta após erro em sistema ser constatado. O Globo. 4 jan. 25. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/noticia/2024/01/04/mulher-identificada-pelo-sistema-de-reconhecimento-facial-em-copacabana-e-liberada-apos-ser-constatado-que-mandado-de-prisao-estava-no-sistema-por-erro.ghml>. Acesso em: 6 ago. 2025.

[19] DEFENSORIA PÚBLICA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Erro em reconhecimento facial constrange psicóloga em conferência. 12 jul. 24. Disponível em: <https://defensoria.rj.def.br/noticia/detalhes/29955-Erro-em-reconhecimento-facial-constrange-psicologa-em-conferencia>. Acesso em: 6 ago. 2025.

[20] MOURA, Matheus; COELHO, Leonardo. Reconhecimento policial: sem protocolo, policiais do Rio usam câmeras e cometem erros. Publica, 14 jun. 24. Disponível em: <https://apublica.org/2024/06/recon%20hecimento-policial-sem-protocolo-policias-do-rio-usam-cameras-e-cometem-erros/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

[21] “Apesar das negativas em relação aos dados de falsos positivos, questionamos a SEPM sobre 11 detenções ocorridas nas imediações do Maracanã durante uma partida. Nesse pequeno grupo, apenas quatro das pessoas detidas tinham mandados em seus nomes e, ao questionarmos especificamente se todos os demais detidos eram falsos positivos, o órgão limitou-se a responder que “as outras 07 (sete) pessoas não possuíam mandado de prisão, sendo confeccionado BOPM apenas como averiguação de pessoa”. Após recurso com a Lei de Acesso à Informação, a SEPM admitiu que dentre os 11 casos de pessoas detidas com o uso da tecnologia de reconhecimento facial nas partidas do Maracanã, sete foram erros da máquina, ou seja: falsos positivos. Desta forma, o sistema errou em 63% dos casos”. NUNES, Pablo; SILVA, Mariah Rafaela; OLIVEIRA, Samuel R. de. Um Rio de câmeras com olhos seletivos: uso de reconhecimento facial pela polícia fluminense. Rio de Janeiro: CESeC, 2022, pág. 13. Disponível em: https://cesecseguranca.com.br/wp-content/uploads/2022/05%20PAN%20OPT_riodecameras_mar22_0404b.pdf. Acesso em: 3 jul. 2025.

[22] NUNES *et al*, *op cit.*, 2025.

[23] A LGPD não se aplica ao tratamento de dados pessoais realizado no âmbito da segurança pública, uma vez que o artigo 4º, inciso III, alínea “a”, exclui expressamente do seu escopo o tratamento de dados para esse fim. O dispositivo prevê, contudo, que sejam estabelecidas diretrizes para essa área por meio de legislação específica, conforme disposto no §1 do mesmo artigo.

[24] COELHO, Henrique. Cidade Integrada: estudo estima custo de projeto de câmeras no entorno do Jacarezinho em R\$164 mil mensais. G1. 29 de março de 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2022/03/29/cidade-integrada-estudo-estima-custo-projeto-cameras-entorno-jacarezinho.ghml>. Acesso em: 4 jul. 2025.

[25] MOURA; COELHO, *op. cit.*, 2024.

falta de transparência quanto à metodologia de mapeamento e pela ausência de diálogo com a comunidade local^[26].

Quanto aos resultados divulgados da TRF, entre julho a setembro de 2019, o mecanismo teria contribuído para 46 prisões^[27]. Em 2024, esse número chegou a 400 prisões, sendo mais da metade, por não pagamento de pensão alimentícia e o restante por crimes diversos, como roubo, tráfico, homicídio, além do primeiro caso de identificação de pessoa desaparecida^[28]. Já em 2025, o sistema alcançou a marca de 500 prisões realizadas^[29].

Entretanto, os relatórios oficiais carecem de informações essenciais, como o total de faces analisadas para alcançar esses resultados, o que inviabiliza mensurar a eficiência real do sistema.

Dessa forma, observa-se que o governo estadual demonstra apoio à tecnologia, ainda que sua adoção ocorra sem garantias suficientes de transparência, correção de vieses ou salvaguardas mínimas de direitos fundamentais. Torna-se, portanto, indispensável a atuação mais assertiva da ALERJ para estabelecer parâmetros técnicos e normativos que equilibrem eficiência e legalidade.

2.2 As iniciativas legislativas na ALERJ

Entre 2019 e agosto de 2025^[30], foram apresentados 28 projetos de lei, além da promulgação de 1 lei ordinária, que se relacionam ao tema de forma direta ou indireta^[31]. As proposições variam entre proibir, autorizar, expandir ou regulamentar o uso da tecnologia, evidenciando tanto a difusão do uso da tecnologia no estado quanto a ausência de um marco regulatório consolidado.

[26] NUNES; SILVA; OLIVEIRA, *op. cit.*, 2022.

[27] SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR, *op. cit.*, 2019.

[28] SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR. Em menos de um ano polícia militar atinge a marca de 400 prisões com auxílio de reconhecimento facial. Secretaria de Estado da Polícia Militar, 19 nov. 2024. Disponível em: <https://sepm.rj.gov.br/2024/11/em-menos-de-um-ano-policia-militar-atinge-marca-de-400-prisoas-com-auxilio-do-reconhecimento-facial/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

[29] SECRETARIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR, *op. cit.*, 2025.

[30] A verificação manual foi realizada diretamente no portal da ALERJ e abrange o período de janeiro de 2019 a agosto de 2025, sendo concluída em 18 de agosto de 2025.

[31] Conforme se extrai do portal da ALERJ: Projeto de Lei (PL) nº 607/19 foi arquivado por final de legislatura em fev. 23, com movimentação posterior em 2024 cuja finalidade não foi identificada, situação análoga acontece nos Projetos nº 318, 1097 e 853 de 2019 e nº 2548/2020. O PL nº 1033/19 foi sancionado, originando a Lei nº 9167/21, tornando os projetos nº 1505 e 1101/19 que tratavam da mesma matéria. Os PLs nº 1505 e 342/19 foram arquivados conforme o regimento interno. Para a proposta 1372/19, em março/25 foi distribuído para relatoria. O PL nº 341/19 foi arquivado por final de legislatura, enquanto o PL nº 665/19 recebeu parecer favorável com emendas da Comissão de Segurança Pública (CCJ), tendo sido anexado o PL nº 1833/20. O PL nº 5240/21 recebeu requerimento para desarquivamento em 2023, sem atualização até o momento. Os PLs nº 550 e 384/23 estão com a CCJ desde março/25. Para o PL nº 2183/23, foi anexado ao 550/23. O PL nº 384/23 foi distribuído à CCJ em março/25, e o PL nº 274/23 foi anexado no mesmo ano. O PL nº 3476/2024 encontra-se na CCJ desde 28 de maio de 2024; o PL nº 2860/2024 foi encaminhado à DACP em abril de 2024, com parecer da CCJ recomendando sua anexação ao PL nº 1372/2019. O PL nº 4125/2024 está na CCJ desde setembro de 2024; o PL nº 2906/2024 foi anexado ao PL nº 2840/2023 em agosto de 2024; e o PL nº 4118/2024 tramita na CCJ desde março de 2025. O PL nº 4969/2025 está na Comissão de Constituição e Justiça desde 23 de junho de 2025; o PL nº 5085/2025 encontra-se igualmente na Comissão de Constituição e Justiça; o PL nº 5658/2025 está na Comissão de Constituição e Justiça desde 21 de março de 2025; e o PL nº 5908/2025 tramita na Comissão de Constituição e Justiça desde 7 de agosto de 2025. Disponível em: http://www3.alerj.rj.gov.br/lotus_notes/default.asp?id=157. Acesso em: 17 ago. 2019.

Entre as proposições mais centrais para compreender tal cenário, destaca-se o PL nº 5240/21, que representou a única tentativa explícita de proibir o uso da TRF pelo poder público. O projeto buscava suspender o uso da tecnologia diante dos riscos de discriminação, falsos positivos e ausência de controles técnicos, legais e éticos. Embora arquivado, sua tramitação evidencia que as preocupações com direitos fundamentais ingressaram no debate legislativo, ainda sem força para conter a tendência predominante de expansão da vigilância.

No polo oposto, os Projetos nº 550/23 e nº 2183/23 buscam autorizar o uso na segurança pública, estando sob análise da Comissão de Constituição e Justiça (CCJ). As disposições incluem garantias operacionais, como a obrigatoriedade de placas nas áreas monitoradas e a “verificação em duas etapas”, isto é, confirmação humana após a identificação automatizada. Contudo, não incorporam mecanismos robustos de transparência, mitigação de vieses ou avaliação de impacto. Tais lacunas são relevantes, considerando o histórico de falsos positivos e os projetos como o Cidade Integrada.

A partir de 2024, passam a tramitar propostas com maior rigor regulatório, atualmente sob análise da CCJ. O PL nº 3476/24, que busca exigir a elaboração de Relatórios de Impacto relativos o uso de biometria facial, que deverá divulgar o número de verificações, taxa de erro, encaminhamentos às delegacias, dados étnico-raciais dos indivíduos processados pelo sistema e a responsabilidade solidária das empresas operadoras em caso de danos decorrentes de identificações equivocadas.

Nesse mesmo sentido, o PL nº 4118/24 que busca criar o protocolo de atuação policial para averiguação de suspeitos por TRF nos estágios e ginásios esportivos e o PL nº 4969/25 propõe a criação do Sistema Integrado de Monitoramento e Reconhecimento Facial (SIMRF), estruturando um modelo de governança mais sofisticado, baseado em auditoria, rastreabilidade de decisões e supervisão por comitê especializado.

Já o PL nº 5658/2025, que institui o marco legal da inteligência artificial no estado, possui impacto ao estabelecer exigências obrigatórias de relatórios de impacto, supervisão humana contínua, mecanismos de mitigação de vieses e vedação expressa à vigilância massiva indiscriminada. Ainda que não trate exclusivamente da TRF, representa importante avanço ao condicionar o uso de sistemas algorítmicos a parâmetros normativos mais rigorosos.

Os demais projetos apresentados ao longo do período analisado revelam grande repetição temática e pouca inovação regulatória voltada à proteção dos direitos fundamentais. Em geral, buscam expandir o uso da TRF para setores como transporte público, shopping centers, escolas, praças de pedágio e espaços privados. Outro conjunto de iniciativas propõe a criação e integração de bases multibiométricas, potencialmente utilizadas para a formação do banco de dados da TRF. Há ainda propostas que avançam para o monitoramento, por meio da tecnologia, de egressos do sistema prisional, como é o caso do PL nº 5908/25.

Em síntese, embora o número expressivo de proposições demonstre atenção legislativa ao tema, a produção normativa fluminense ainda privilegia a expansão do uso do reconhecimento facial em detrimento da construção de um arcabouço capaz de equilibrar eficiência policial, direitos fundamentais e mecanismos adequados de controle. Os projetos mais recentes sugerem uma sensível mudança em direção à governança e à transparência, mas ainda insuficiente para consolidar um marco regulatório robusto e alinhado às exigências contemporâneas de proteção de dados e mitigação de vieses algorítmicos.

Conclusão

A pesquisa evidenciou as principais problemáticas associadas ao uso da tecnologia de reconhecimento facial no âmbito da segurança pública, ressaltando os riscos de discriminação e violação de direitos fundamentais, além da ausência de mecanismos de controle, fiscalização e transparência. Ao mesmo tempo, reconhece-se que a ferramenta possui potencial para contribuir com a identificação de pessoas com mandados de prisão em aberto e para o monitoramento das ações dos agentes policiais, desde que utilizada dentro dos parâmetros normativos delimitados.

Em relação aos marcos regulatórios estaduais, a coexistência de projetos com direções opostas evidencia o esforço do Poder Legislativo em equilibrar demandas de segurança pública com a proteção de direitos fundamentais. De um lado, há parlamentares que defendem a ampliação de investimentos ou até mesmo a proibição da tecnologia, diante de seus riscos técnicos e impactos sociais, especialmente no que se refere a possíveis vieses raciais e socioeconômicos. De outro, há iniciativas voltadas à regulamentação da ferramenta, buscando aprimorar sua eficiência no contexto das políticas de segurança do Estado do Rio de Janeiro.

Entretanto, apesar da implementação efetiva da tecnologia e da existência de dados concretos sobre seu uso, ainda não há um marco regulatório que estabeleça limites, salvaguardas e mecanismos claros de controle. Essa lacuna normativa resulta em um cenário no qual nem a eficácia esperada da ferramenta, nem a devida proteção aos direitos fundamentais são plenamente asseguradas.

Diante disso, considera-se essencial que todas as proposições legislativas atualmente em tramitação sejam analisadas de forma integrada, à luz dos resultados já apurados e dos debates acumulados ao longo do período. É fundamental que a Casa Legislativa atue com celeridade e efetividade na construção de um marco normativo unificado, coerente e alinhado aos princípios constitucionais.

Somente a partir dessa consolidação será possível alcançar um equilíbrio legítimo e proporcional entre os interesses da segurança pública no uso da tecnologia de reconhecimento facial e a necessária salvaguarda dos direitos fundamentais, especialmente daqueles pertencentes a grupos historicamente estigmatizados.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Cynthia Picolo Gonzaga de et al. *Tire Meu Rosto da Sua Mira*. In: CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler. **Tecnologia, Segurança e Direitos**. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p. 143-170.

BRAGA, Laura. *RJ: reconhecimento facial foi usado em 10% das 2.500 capturas em 2024*. Metrôpoles, 24 jul. 2024. Disponível em: . Acesso em: 4 jul. 25.

CEIA, Eleonora Mesquita; DE TEFFÉ, Chiara Spadaccini. *Reconhecimento facial e segurança pública nas cidades: uma análise crítica na perspectiva das competências federativas e dos direitos fundamentais*. In: CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler. **Tecnologia, Segurança e Direitos**. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p. 197-225.

COELHO, Henrique. *Cidade Integrada: estudo estima custo de projeto de câmeras no entorno do Jacarezinho em R\$ 164 mil mensais*. **G1**. 29 de março de 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2022/03/29/cidade-integrada-estudo-estima-custo-projeto-cameras-entorno-jacarezinho.ghml>. Acesso em: 4 jul. 2025.

DEFENSORIA PÚBLICA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Erro em reconhecimento facial constrange psicóloga em conferência.** 12 de julho de 2024. Disponível em: <https://defensoria.rj.def.br/noticia/detalhes/29955-Erro-em-reconhecimento-facial-constrange-psicologa-em-conferencia>. Acesso em: 6 ago. 2025.

DUARTE, Daniel Edler. *Biometria facial e segurança pública: práticas contemporâneas de vigilância policial*. In: CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler. **Tecnologia, Segurança e Direitos**. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p. 61-88.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Polícia Militar já prendeu mais de 400 foragidos com auxílio do reconhecimento facial.** 27 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.rj.gov.br/seguranca/node/257>. Acesso em: 7 jul. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Governo do Estado cria Centro de Comando e Controle, com 100 câmeras com reconhecimento facial e leitura de placas para vigiar área do Sambódromo.** 12 de junho de 2024. Disponível em: <https://www.rj.gov.br/seguranca/node/257>. Acesso em: 14 jul. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Cláudio Castro busca novas tecnologias para ampliar sistema de monitoramento e inteligência das Forças de Segurança para todo o estado.** 24 de abril de 2025. Disponível em: <https://www.rj.gov.br/noticias/claudio-castro-busca-novas-tecnologias-para-ampliar-sistema-de-monitoramento-e-inteligencia-das-forcas-de-seguranca-para-todo-o-estado>5061. Acesso em: 14 jul. 2025.

GRINBERG, Felipe; ARAÚJO, Vera. *Mulher identificada por reconhecimento facial em Copacabana é solta após erro em sistema ser constatado.* **G1**. 4 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/noticia/2024/01/04/mulher-identificada-pe-lo-sistema-de-reconhecimento-facial-em-copacabana-e-liberada-apos-ser-constatado-que-mandado-de-prisao-estava-no-sistema-por-erro.ghtml>. Acesso em: 6 ago. 2025.

G1 Rio. Sistema de reconhecimento facial da PM do RJ falha, e mulher é detida por engano. 11 de agosto de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/07/11/sistema-de-reconhecimento-facial-da-pm-do-rj-falha-e-mulher-e-detida-por-engano.ghtml>. Acesso em: 6 ago. 2025.

INSTITUTO IGARAPÉ. **Reconhecimento facial no Brasil.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://igarape.org.br/infografico-reconhecimento-facial-no-brasil/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

MOURA, Matheus; COELHO, Leonardo. *Reconhecimento policial: sem protocolo, polícias do Rio usam câmeras e cometem erros.* **Publica**, 14 de junho de 2024. Disponível em <https://apublica.org/2024/06/reconhecimento-policial-sem-protocolo-policias-do-rio-usam-cameras-e-cometem-erros/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

NUNES, Pablo. *Exclusivo: levantamento revela que 90,5% dos presos por monitoramento facial no Brasil são negros.* **The Intercept**, 21 de novembro de 2019. Disponível em: <https://www.intercept.com.br/2019/11/21/presos-monitoramento-facial-brasil-negros/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

NUNES, Pablo; SILVA, Mariah Rafaela; OLIVEIRA, Samuel R. de. **Um Rio de câmeras com olhos seletivos: uso de reconhecimento facial pela polícia fluminense.** Rio de Janeiro: CESeC, 2022. Disponível em: https://cesecseguranca.com.br/wp-content/uploads/2022/05/PANOPT_riodecameras_mar22_0404b.pdf. Acesso em: 3 jul. 2025.

NUNES, Pablo. *Vigilância da cor: a tecnologia de reconhecimento facial e sua utilização no Brasil.* CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler. **Tecnologia, Segurança e Direitos**. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p. 35-59.

NUNES, Pablo et al. **Mapeando a vigilância biométrica [livro eletrônico]: levantamento nacional sobre o uso do reconhecimento facial na segurança pública.** Rio de

Janeiro: CESeC, 2025. Disponível em: https://direitoshumanos.dpu.def.br/wp-content/uploads/2025/05/CESeC__DPU_Mapeando_a_vigilancia_biometrica.pdf. Acesso em: 16 jul. 2025.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR. *Polícia Militar vai implementar programa de reconhecimento facial e de placa de veículos*. SEPM, 22 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://sepm.rj.gov.br/2019/01/policia-militar-vai-implantar-programa-de-reconhecimento>. Acesso em: 17 ago. 2025.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR. *Sistema de reconhecimento facial possibilitou a prisão de 46 criminosos em menos de três meses*. SEMP, 24 de setembro de 2019. Disponível em: <https://sepm.rj.gov.br/2019/09/sistema-de-reconhecimento-facial-possibil>. Acesso em: 6 ago. 2025.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR. *Polícia Militar atinge a marca de 300 prisões com o auxílio do sistema de reconhecimento facial*. SEMP, 15 de agosto de 2024. Disponível em: <https://sepm.rj.gov.br/2024/08/policia-militar-atinge-marca-de-300-prisoas-com-auxilio-do-sistema-de-reconhecimento-facial/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR. *Em menos de um ano polícia militar atinge a marca de 400 prisões com auxílio de reconhecimento facial*. SEMP, 19 de novembro de 2024. Disponível em: <https://sepm.rj.gov.br/2024/11/em-menos-de-um-ano-policia-militar-atinge-marca-de-400-prisoas-com-auxilio-do-reconhecimento-facial/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SECRETÁRIA DE ESTADO DA POLÍCIA MILITAR. *Governo do Estado chega à marca de 500 prisões realizadas com auxílio da tecnologia de reconhecimento facial*. SEMP, 18 de março de 2025. Disponível em: <https://sepm.rj.gov.br/2025/03/governo-do-estado-chega-a-marca-de-500-prisoas-realizadas-com-auxilio-da-tecnologia-de-reconhecimento-facial/>. Acesso em: 14 jul. 2025.

A ERA DOS DEEPPFAKES: EXPLORANDO A REGULAMENTAÇÃO E OS IMPACTOS NA VIDA PÚBLICA E PRIVADA^[1]

Carolina Sampaio Ribeiro Queiroz^[2]

Resumo

Este trabalho busca compreender os impactos sociais e jurídicos da Inteligência Artificial (IA), com foco na tecnologia dos deepfakes e nas violações do direito à imagem. Inicialmente, contextualiza-se o surgimento, funcionamento e popularização das IAs por meio de uma revisão bibliográfica extensiva e análise de artigos científicos. Para tornar a discussão mais concreta, o estudo examina casos emblemáticos que tiveram grande repercussão na sociedade, como a campanha publicitária da Volkswagen com a cantora Elis Regina, a utilização de hologramas para a ressurreição digital de artistas falecidos e as recentes aplicações de modulação de voz por IA. Tais exemplos ilustram os efeitos práticos, os potenciais benefícios e, principalmente, os desafios éticos associados ao uso dessas tecnologias, demonstrando como podem gerar tanto inovações criativas quanto graves violações de direitos da personalidade. No âmbito jurídico, questiona-se a suficiência dos nossos instrumentos normativos para lidar com a complexidade e a sofisticação das violações promovidas pelos deepfakes, considerando que a autoria e a disseminação de conteúdos falsificados podem ocorrer em escala global e de forma praticamente anônima. Na sequência, o trabalho dedica-se a examinar criticamente o Projeto de Lei nº 2338/2023, inspirado na regulação da União Europeia, avaliando sua eficácia e sua real aplicabilidade ao contexto nacional. Para tanto, são também considerados estudos técnicos e iniciativas de centros de pesquisa que têm se dedicado à construção de uma governança responsável, segura e transparente para o uso da IA equilibrando inovação e proteção de direitos fundamentais. Esta pesquisa oferece contribuições relevantes tanto ao debate público quanto ao campo acadêmico, propondo caminhos para uma regulação mais sólida, que incentive o desenvolvimento tecnológico sem negligenciar garantias constitucionais. Sua relevância transcende fronteiras, impactando diretamente o presente e projetando reflexões indispensáveis para o futuro da sociedade moderna.

Palavras-chave

Inteligência Artificial. Direito de imagem. Deepfakes. Regulação. Inovação.

[1] Artigo elaborado sob a orientação da Professora Veronica Lagassi do Ibmec-RJ.

[2] Graduanda em Direito no Ibmec-RJ e membra do Grupo de Estudos de Direito Econômico, Propriedade Intelectual e Sustentabilidade (DGP/CNPq-IBMEC).

Introdução

Atualmente, a inteligência artificial (IA) gera uma cobertura midiática de primeira página praticamente todos os dias. Essa onipresença e influência da IA indicam que, em breve, a maioria da população será impactada por suas inovações e aplicações. Assim, o estudo e a discussão sobre esse tema tornam-se não apenas relevantes, mas imprescindíveis, transcendendo o que antes poderia ser considerado uma mera curiosidade científica.

No seio dessa progressão tecnológica, impulsionada pela inteligência artificial, a personificação digital se torna cada vez mais comum. Algoritmos de aprendizado de máquina, geralmente redes neurais, aliados a softwares de mapeamento facial, facilitam a criação barata e acessível de conteúdos que sequestram a identidade de alguém, incluindo sua voz, rosto e corpo. A tecnologia de deepfake possibilita a inserção de rostos de indivíduos em vídeos sem o seu consentimento, gerando “vídeos convincentes de pessoas fazendo e dizendo coisas que nunca fizeram”^[3].

Em sua vertente nociva, as *deepfakes* representam um risco concreto à imagem, honra, privacidade e à dignidade da pessoa humana. O uso indevido dessas ferramentas tem servido à disseminação de desinformação, à manipulação política e à difusão de conteúdos difamatórios ou pornográficos não consentidos. Em 2024, durante a campanha eleitoral em São Paulo, a candidata à reeleição, Suellen Rosim (PSD), foi vítima de um deepfake, na qual ela aparecia supostamente nua, que começou a circular nas redes sociais³. Em outubro do mesmo ano, imagem de William Bonner, editor-chefe do Jornal Nacional, foi manipulada para a repercussão de notícias falsas e divulgações de golpe financeiro com um vídeo fraudulento. O mesmo ocorreu com diversas personalidades públicas, incluindo nomes como Neymar, Paolla Oliveira, Ana Maria Braga, Eliana e Drauzio Varella^[4].

É nesse ponto que inteligência artificial e a tecnologia de deepfakes se cruzam com diversos ramos do direito, especialmente o direito de imagem. Imagens e áudios falsificados podem ser criados por qualquer pessoa, resultando em danos irreparáveis para indivíduos e empresas. Uma vez na internet, seu impacto se torna permanente, afetando não apenas o meio corporativo, mas também a vida pessoal.

O direito é dinâmico e evolui conforme as demandas da sociedade. Ao longo dos anos, avanços tecnológicos geraram transformações significativas, exigindo novas regulamentações para lidar com desafios emergentes. Exemplo disso foi a necessidade do Marco Civil da Internet e da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que surgiram para abordar questões relacionadas à exposição e ao tratamento de dados na era digital. Atualmente, a ascensão da Inteligência Artificial (IA) impõe novos desafios, especialmente com o avanço das deepfakes, tecnologia capaz de manipular e criar conteúdo audiovisual realista a partir de algoritmos de aprendizado de máquina.

A escolha deste tema se justifica pela crescente relevância das deepfakes na sociedade contemporânea, considerando seu potencial de influenciar tanto o mercado de entretenimento quanto a esfera privada. Com a capacidade de gerar imagens e áudios falsos altamente convincentes, as deepfakes suscitam questões sobre a proteção do direito à

[3] CITRON, Danielle; CHESNEY, Robert. “Deepfakes: A Looming Crisis for National Security, Democracy and Privacy?” Default. Disponível em: <https://www.lawfaremedia.org/article/deepfakes-looming-crisis-national-security-democracy-and-privacy>. Acesso em: 23 out. 2024.

[4] TILIA, Caroline de. Celebidades brasileiras são vítimas da IA: aprenda a reconhecer conteúdos falsos. Forbes Brasil, 19 jan. 2025. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2025/01/celebidades-brasileiras-sao-vitimas-da-ia-aprenda-a-reconhecer-conteudos-falsos/>. Acesso em: 3 jul. 2025.

imagem, o uso comercial de figuras falecidas e os impactos contratuais da tecnologia sobre artistas e profissionais do setor audiovisual. É necessário refletir sobre os limites legais e éticos desta prática, bem como sobre os mecanismos adequados para prevenção e responsabilização.

O objetivo geral deste estudo é analisar os desafios regulatórios diante da manipulação digital de pessoas vivas e da exploração póstuma comercial da imagem por meio dessa tecnologia. Para isso, serão traçados os seguintes objetivos específicos: (i) explicar o funcionamento da IA e da tecnologia de deepfakes; (ii) selecionar casos concretos que ilustrem os usos benéficos e as violações de direitos resultantes da utilização dessa tecnologia; e (iii) analisar se o Código Civil e o Projeto de Lei 2338/23 são suficientes para garantir a proteção do direito à imagem diante dessas novas possibilidades tecnológicas.

A hipótese central deste estudo é que os instrumentos normativos atuais não são suficientes para proteger adequadamente o direito à imagem diante das deepfakes na prática. Para que uma futura regulamentação seja eficaz, é necessário dificultar que violações ocorram desde a criação das ferramentas tecnológicas. Isso significa estabelecer padrões de segurança, responsabilidade e governança já no desenvolvimento dos sistemas de inteligência artificial e deepfakes, reduzindo seu potencial de dano antes mesmo de sua implementação e uso indevido. Partindo dessa premissa, é essencial compreender a tecnologia para regulá-la de forma eficaz. Não podemos nos limitar a corrigir danos após sua ocorrência.

1. Inteligência Artificial e o Problema do Controle

Ao analisarmos o impacto presente e futuro da inteligência artificial em sua diversidade de usos, antes de sequer mencionar regulação, faz-se necessário compreender o que é a inteligência artificial. Apesar de parecer uma questão simples, isso não passa de uma impressão precipitada. A discussão acadêmica-científica sobre o tema é extenso, diverso e cresce com cada vez mais velocidade, conforme as tecnologias avançam.

A inteligência artificial (IA) pode ser compreendida como a capacidade de um sistema em agir de forma autônoma e ilimitada na busca por resultados, simulando aspectos da inteligência humana^[5]. O conceito ultrapassa a noção de máquinas que apenas executam tarefas específicas, como a tradução de textos. É importante, contudo, destacar uma distinção essencial: a forma como os cientistas da computação define a IA difere significativamente da percepção do público em geral, incluindo profissionais e estudantes familiarizados com tecnologia.

Existe uma concepção idealizada amplamente difundida pelo cinema de Hollywood^[6], retratando robôs dotados de consciência, emoções ou motivações próprias – muitas vezes associadas ao desejo de dominar o mundo – bem como computadores capazes de pensar de forma autônoma e prometer algum tipo de “vida eterna” digital. Em contraste, o que efetivamente se observa na realidade é a chamada “Inteligência Artificial Restrita”, baseada em modelos matemáticos voltados à realização de previsões e à execução de tarefas específicas, dentro de limites bem definidos.

A IA restrita funciona buscando a resposta estatisticamente mais provável para problemas expressos numericamente. Seu desempenho depende de treinamento prévio com grandes volumes de dados, permitindo previsões em diferentes contextos — como

[5] BROUSSARD, Meredith. *Artificial Unintelligence: How Computers Misunderstand the World*. Cambridge, MA: MIT Press, 2018.

[6] *Ibid.*

reconhecer letras, avaliar risco de crédito ou escolher a melhor jogada em jogos como xadrez^[7]. Técnicas como machine learning, deep learning e redes neurais são exemplos desse modelo, que opera como uma extensão avançada da estatística tradicional. O caso AlphaGo^[8] ilustra esse funcionamento: ao ser treinado com milhões de partidas, o sistema aprendeu a selecionar sequências com maior probabilidade de vitória. Ainda que supere humanos em tarefas específicas, não possui consciência; apenas executa cálculos complexos orientados por padrões preditivos.

Essa limitação já havia sido destacada por John Searle^[9] no chamado “Experimento da Sala Chinesa”. Os computadores manipulam símbolos sem compreender seus significados. Enquanto o pensamento humano envolve consciência e intenção, as máquinas apenas executam instruções.

O funcionamento da inteligência artificial apoia-se em três pilares principais^[10]: o modelo de dados, que define as estruturas utilizadas para processar, categorizar e analisar informações; a disponibilização de grandes volumes de dados (Big Data); e a capacidade operacional do sistema em processar essas informações. Para atingir tal funcionamento, é necessário combinar diferentes tecnologias que permitam à máquina imitar o raciocínio lógico humano. Entre elas, destacam-se o Machine Learning, que possibilita à IA aprender e evoluir sem programação direta, sendo aplicado em sistemas de recomendação como os da Amazon e Netflix; o Deep Learning, uma vertente mais complexa do aprendizado de máquina, responsável por tarefas como reconhecimento de imagens, voz e direção autônoma; e o Processamento de Linguagem Natural (PLN), que viabiliza a compreensão e geração de linguagem humana, essencial em aplicações como chatbots e análise de sentimentos^[11].

O aprendizado de máquina (Machine Learning – ML)^[12] – frequentemente retratado pela mídia de forma sensacionalista – designa apenas a capacidade de aprimorar rotinas programadas, sem que isso implique compreensão ou autonomia fora dos parâmetros estabelecidos. O ML depende de dados de treinamento, ou seja, grandes conjuntos de informações utilizados para “ensinar” o modelo a reconhecer padrões e executar determinadas tarefas.

Os algoritmos de IA e ML são criados por seres humanos, e se baseiam em fundamentos matemáticos, e que, a menos que fatores sociais sejam especificamente codificados para serem processados pelo computador, esses fatores serão ignorados^[13]. Assim, fatores sociais, culturais ou éticos tendem a ser desconsiderados quando não são explicitamente codificados. Em consequência, o aprendizado das máquinas permanece limitado à lógica matemática dos dados fornecidos, tornando indispensável a interpretação e o julgamento humanos em todas as etapas do processo.

[7] *Ibid.*

[8] *Ibid.*

[9] RUSSELL, Stuart. *Human compatible: artificial intelligence and the problem of control*. Penguin Books, 2020. E-book. Disponível em: <https://www.amazon.com/gp/product/B07N5J5FTS>. Acesso em: 15 out. 2024.

[10] BROUSSARD, *op. cit.*, 2018.

[11] *Ibid.*

[12] *Ibid.*

[13] MOTZKIN, Elhanan. *Artificial Intelligence and the Chinese Room: An Exchange*. The New York Review of Books, 1989. Disponível em: <https://www.nybooks.com/articles/1989/02/16/artificial-intelligence-and-the-chinese-room-an-ex/>. Acesso em: 17 set. 2024.

Nesse contexto, o cientista da computação, Stuart Russell^[14], aponta um aspecto crucial ao observar que os algoritmos utilizados nas redes sociais carecem de uma função objetiva orientada por valores humanos. Seu propósito principal é maximizar cliques e engajamento, ainda que o conteúdo promovido seja prejudicial ao usuário ou à coletividade. Portanto, a verdadeira ameaça não reside na inteligência das máquinas, mas na ausência de objetivos humanos claramente definidos dentro delas. Quando um sistema é programado apenas para ampliar lucro, previsibilidade ou tempo de permanência em plataformas, ele pode gerar efeitos sociais desastrosos.

Usando como exemplo os algoritmos das redes sociais, eles não apenas registram preferências, mas atuam de forma ativa na manipulação do comportamento humano, explorando fragilidades cognitivas já conhecidas pela psicologia^[15]. Ao transformar vulnerabilidades psicológicas em mecanismos de engajamento, convertem indivíduos em instrumentos de interesses econômicos e ideológicos. Esse fenômeno revela que o maior risco da IA não está apenas em sua capacidade técnica, mas na ausência de propósito ético que orienta seu uso — especialmente diante de modelos cada vez mais sofisticados, como ferramentas generativas e deepfakes, capazes de criar realidades artificiais convincentes.

Russell propõe uma reformulação completa do modo como projetamos nossos modelos de IA e seus objetivos, delimitando-os da forma mais específica e precisa possível, para que as máquinas sejam inteligentes na medida em que suas ações podem ser esperadas para alcançar os nossos objetivos^[16].

Caso não adotemos essa abordagem, corremos o risco de perder o controle sobre as tecnologias de inteligência artificial, o que pode resultar em consequências graves para a sociedade.

Portanto, se as máquinas só podem ser consideradas inteligentes quando suas ações seguem propósitos definidos por nós, seres humanos, o perigo real não está na inteligência artificial em si, mas na falta de objetivos claros e humanos que orientem seu funcionamento. Quando a IA é criada sem levar em conta o bem-estar das pessoas e os valores que devem guiá-la, seus algoritmos passam a agir de forma autônoma e desconectada do que é ético, podendo gerar consequências graves para a sociedade.

Portanto, se buscamos estabelecer uma regulação eficaz para as inteligências artificiais, é essencial que compreendamos sua lógica operacional e estabeleçamos claramente os objetivos que deverão atingir no futuro. Se colocamos nas mãos de uma máquina a tarefa de realizar nossos objetivos sem domínio completo sobre seu funcionamento, é fundamental garantir que o objetivo programado esteja, de fato, alinhado com nossos próprios interesses.

A expansão da internet e o uso massivo de smartphones transformaram cada pessoa em potencial observadora, registradora e difusora de imagens em tempo real. A avalanche de informações produzida diariamente dificulta qualquer controle efetivo, abrindo espaço para um cenário ainda mais complexo: o surgimento da inteligência artificial generativa.

Ferramentas como DALL-E, Midjourney e Stable Diffusion possibilitam a criação de imagens hiper-realistas a partir de simples comandos de texto, tornando quase impossível distinguir o real do artificial. Em 2022, a imagem do Papa vestindo um casaco puffer

[14] RUSSELL, *op. cit.*, 2020.

[15] AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. Impact of Social Media on Mental Health. 2022.

[16] RUSSELL, *op. cit.*, 2020.

viralizou mundialmente^[17], revelando a velocidade com que falsificações visuais podem moldar percepções sociais. Como observa Cavalini^[18], o desafio maior não é compreender o futuro da IA, mas das redes sociais, que agora terão de lidar com textos, imagens, vídeos e áudios falsos em um mundo que já beira o surreal.

Embora frequentemente associados a usos ilícitos, os *deepfakes* também viabilizam iniciativas positivas. A tecnologia permitiu que Val Kilmer, que perdeu a voz após um câncer, pudesse “falar” novamente por meio de uma síntese vocal desenvolvida pela Sonantic^[19]. David Beckham participou de uma campanha global contra a malária transmitindo sua mensagem em nove idiomas distintos^[20], enquanto instalações artísticas possibilitam selfies com réplicas hiper-realistas de Salvador Dalí^[21].

Entretanto, os danos potenciais superam em muito os benefícios. Em 2023, mais de 20 alunas de um colégio no Rio de Janeiro foram vítimas de “deepnudes” produzidos por colegas^[22], levando à alteração do Código Penal para agravar essas condutas. Na Coreia do Sul, investigações revelaram redes de pornografia deepfake atuando dentro de escolas e universidades^[23], produzindo imagens falsas em poucos segundos a partir de fotos reais.

O uso comercial do deepfake também tem crescido, especialmente por meio dos chamados “atores ocultos”, que emprestam seus corpos para que feições de celebridades sejam sobrepostas digitalmente. Isso reduz custos e tempo das figuras públicas, mas cria fronteiras éticas e jurídicas.

Um dos exemplos mais emblemáticos é a campanha “O Novo Veio de Novo”^[24], que recriou digitalmente Elis Regina para cantar com sua filha. A tecnologia empregada mapeou milhares de imagens da cantora para projetar seu rosto sobre o de uma atriz. O caso reacendeu debates sobre autorização e restrições póstumas. Conforme Schreiber^[25], o direito brasileiro admite cláusulas testamentárias que proíbam o uso da imagem,

[17] PACETE, Luiz Gustavo. O que a imagem fake do Papa diz sobre o futuro da IA?. Forbes Brasil. 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2023/03/o-que-a-imagem-fake-do-papa-diz-sobre-o-futuro-da-ia/>. Acesso em: 11 out. 2024.

[18] *Ibid.*

[19] THE TIMES. Val Kilmer finds his voice again... thanks to AI. Disponível em: <https://www.thetimes.com/business-money/technology/article/val-kilmer-finds-his-voice-again-thanks-to-ai-d3hhqc2m3?region=global>. Acesso em: 12 out. 2024.

[20] YOUTUBE. How we made David Beckham speak 9 languages? 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=CF_e0kMCW2o. Acesso em: 10 nov. 2024.

[21] LALLA, Vejay; MITRANI, Adine; HARNED, Zach. Inteligência artificial: os deepfakes na indústria do entretenimento. Wipo Magazine. 2022. Disponível em: https://www.wipo.int/wipo_magazine/pt/2022/02/article_0003.html. Acesso em: 10 dez. 2025.

[22] LIRA, Camila de. Quem vai pedir desculpas pelos danos dos deepfakes? Fast Company Brasil. Disponível em: <https://fastcompanybrasil.com/tech/quem-vai-pedir-desculpas-pelos-danos-dos-deepfakes/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

[23] MACKENZIE, Jean; CHOI, Leehyun. Pornografia deepfake se espalha por escolas da Coreia do Sul e vítimas são jovens estudantes. BBC News. Acesso em: 10 nov. 2024.

[24] CAPUANO, Amanda; MIYASHIRO, Kelly. Comercial que reúne Elis e filha atesta força da inteligência artificial. Veja. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/cultura/comercial-que-reune-elis-e-filha-atesta-forca-da-inteligencia-artificial>. Acesso em: 10 nov. 2024.

[25] SCHREIBER, Anderson. Elis Regina e a reconstrução digital póstuma. JOTA. 29 de junho de 2024. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/coluna-do-anderson-schreiber/elis-regina-e-reconstrucao-digital-postuma>. Acesso em: 10 dez. 2025.

voz ou nome após a morte – tendência que tende a crescer com a popularização das recriações digitais.

Assim, questiona-se: podem os herdeiros autorizar o uso da identidade ou da imagem do falecido? A discussão abrange tanto celebridades quanto pessoas comuns, motivadas por interesses afetivos ou econômicos.

Desse cenário emerge a necessidade de regulamentação específica, incluindo autorizações prévias, claras e informadas para que imagens, vozes e expressões pessoais sejam utilizadas no treinamento de sistemas de IA. Sem isso, corre-se o risco de violar expectativas legítimas, gerar danos morais e materiais e perpetuar um uso abusivo de atributos personalíssimos. O uso de réplicas digitais para endossar produtos, dublar conteúdo ou “reviver” artistas falecidos desafia os limites da identidade e da dignidade. Como aponta a doutrina, a continuidade da personalidade no ambiente digital exige repensar a proteção dos direitos da imagem — inclusive após a morte^[26].

2. Desafios regulatórios frente às Deepfakes

A expansão dos *deepfakes* e seu potencial de manipulação reforçam a urgência de refletir sobre o papel da regulação, especialmente quando o debate se restringe às classificações de risco na Inteligência Artificial (IA). Como observa Anu Bradford, pelo “Efeito Bruxelas”, a União Europeia influencia profundamente a regulação global de tecnologias emergentes^[27]. Contudo, permanece a preocupação: não estaríamos apressando a criação de arcabouços regulatórios fadados a rápida obsolescência diante do avanço exponencial da tecnologia?

O PL brasileiro nº 2.338/2023, influenciado pelo AI Act — primeira regulação abrangente de IA no mundo^[28] — tenta atualizar o marco normativo nacional, mas evidencia limitações. A legislação europeia inova ao estabelecer categorias de risco e tratar os *deepfakes* de forma explícita, impondo obrigações de transparência, rastreabilidade e identificação de conteúdos sintéticos. Difere, assim, de normas brasileiras como o MCI e a LGPD, elaboradas em contexto pré-*deepfake* e sem previsão de *watermarking*, registros de logs ou explicabilidade dos modelos.

O PL 2.338/2023 procura acompanhar o ciclo de vida completo da IA estruturando-se em quatro eixos^[29]: promoção do desenvolvimento científico; proteção de direitos fundamentais; mitigação de riscos; e fortalecimento de governança e responsabilização. No entanto, enfrenta o mesmo obstáculo estrutural que marcou o Marco Civil: tentar regular um fenômeno global com uma legislação de alcance nacional, o que limita sua

[26] CHMIELEWSKI, Dawn. SXSW 2024: versão digital realista de Marilyn Monroe será apresentada em evento. CNN Brasil. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/sxsw-2024-versao-digital-realista-de-marilyn-monroe-sera-apresentada-em-evento/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

[27] BRADFORD, Anu. The Brussels Effect: How the European Union Rules the World. Oxford: Oxford University Press, 2020.

[28] Para uma análise acadêmica sobre as diferenças entre a PL 2338/23 e o AI ACT, ver ITS. Relatório Matriz comparada de obrigações: PL 2338/2023 vs. EU AI act. ITS Rio (blog), Disponível em: <https://itsrio.org/pt/publicacoes/relatorio-matriz-comparada-de-obrigacoes-pl-2338-2023-vs-eu-ai-act-2/>. Acesso em: 18 ago. 2024.

[29] ITS. Relatório Matriz comparada de obrigações: PL 2338/2023 vs. EU AI act. ITS Rio (blog). Disponível em: <https://itsrio.org/pt/publicacoes/relatorio-matriz-comparada-de-obrigacoes-pl-2338-2023-vs-eu-ai-act-2/>. Acesso em: 18 ago. 2024. BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei nº 2.338, de 2023. Dispõe sobre o uso da inteligência artificial no Brasil. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 10 dez. 2025.

efetividade prática. Modelos são treinados transnacionalmente, pertencem a empresas estrangeiras e escapam à fiscalização plena do Estado brasileiro^[30].

O projeto também incorre em redundância normativa^[31], repetindo garantias já previstas na Constituição, CPC, CDC e, especialmente, na LGPD. O direito à revisão de decisões automatizadas, por exemplo, já consta no art. 20 da LGPD^[32], tornando desnecessária sua reprodução literal. Além disso, embora mencione transparência, o PL não define com precisão quem deve garanti-la, nem como verificar bases de dados, métodos de treinamento ou cadeias de accountability. Falta densidade técnica capaz de responder à complexidade algorítmica.

Esse cenário suscita a pergunta: estamos repetindo os equívocos do passado? Regular com urgência, mas sem rigor conceitual, tende a gerar normas amplas, redundantes e de baixa eficácia. Para que o futuro marco de IA seja tecnicamente sólido, será necessário enfrentar a natureza global da tecnologia, exigir transparência das bases de dados, definir critérios claros de consentimento e fortalecer a responsabilização das plataformas envolvidas na geração de conteúdos sintéticos. Também será preciso evitar sobreposições com legislações vigentes, assegurando segurança jurídica em um ambiente de inovação acelerada. Normas estáveis e tecnicamente consistentes são essenciais para proteger direitos fundamentais sem inibir o progresso tecnológico.

Por fim, a regulação não pode permanecer reativa. Regular apenas após o dano é atuar tardiamente. Algoritmos problemáticos não surgem espontaneamente: resultam da ausência de princípios éticos desde sua concepção. Somente uma abordagem proativa, orientada por diretrizes claras e preventivas, permitirá enfrentar adequadamente os desafios contemporâneos da inteligência artificial.

Conclusão

Diante das múltiplas questões que envolvem a inteligência artificial (IA) generativa e as deepfakes, bem como da ausência de respostas jurídicas consolidadas, o presente estudo propôs uma análise crítica e concisa da interação entre essas tecnologias e o direito à imagem no ordenamento jurídico brasileiro. A pesquisa contemplou o funcionamento da IA generativa, suas principais aplicações e os impactos jurídicos decorrentes da reconstrução digital de imagens e vídeos com elevado grau de realismo, destacando os desafios impostos à proteção dos direitos da personalidade. Para tanto, foram examinados casos emblemáticos, como a campanha publicitária da Volkswagen que utilizou a imagem da cantora Elis Regina, falecida, ao lado de sua filha, evidenciando os dilemas éticos e jurídicos gerados por tais práticas. Situações semelhantes incluem o uso de hologramas, a chamada “ressurreição digital” de artistas e figuras públicas, suscitando relevantes

[30] A eficácia normativa de uma lei diz respeito à sua aptidão para produzir os efeitos sociais e jurídicos almejados, isto é, para ser aplicada concretamente e induzir mudanças no comportamento de indivíduos e instituições. No âmbito do direito digital, essa análise assume contornos próprios, dada a natureza dinâmica e transnacional do ambiente regulado. Assim, uma norma pode ser formalmente válida e vigente no ordenamento jurídico, mas carecer de efetividade prática.

[31] Art. 20. “O titular dos dados tem direito a solicitar a revisão de decisões tomadas unicamente com base em tratamento automatizado de dados pessoais que afetem seus interesses, incluídas as decisões destinadas a definir o seu perfil pessoal, profissional, de consumo e de crédito ou os aspectos de sua personalidade”.

[32] SOUZA, Carlos Affonso. O Marco Civil da Internet e a responsabilidade dos intermediários. In: DONEDA, Danilo (coord.). Marco Civil da Internet: comentários à Lei 12.965/14. Rio de Janeiro: Forense, 2015. p. 143-168.

debates sobre consentimento, direitos sucessórios da imagem, violações de direitos de imagem e a autenticidade nas manifestações artísticas mediadas por algoritmos.

Considerando o caráter midiático e altamente exposto do direito à imagem, sua tutela deve ser compreendida à luz das transformações tecnológicas contemporâneas, sem, contudo, perder de vista os fundamentos constitucionais que o vinculam diretamente à dignidade da pessoa humana. Para que uma norma seja eficaz no ambiente digital, não basta que ela seja clara e aplicável; é essencial que leve em conta a arquitetura técnica da internet e das tecnologias envolvidas. Lawrence Lessig^[33] sustenta que o código — entendido como a programação e a infraestrutura da rede — funciona como uma forma de regulação, influenciando o comportamento online tanto quanto, ou até mais do que, as leis tradicionais. Assim, regulamentos que desconsideram a lógica operacional da tecnologia correm o risco de se tornarem ineficazes ou facilmente burláveis. Nesse sentido, torna-se urgente a adoção de uma abordagem proativa, voltada à definição de parâmetros éticos e técnicos desde a concepção dos sistemas algorítmicos. A regulação *ex post*, baseada exclusivamente na contenção de danos, revela-se insuficiente em um cenário de inovação acelerada. É necessário intervir na origem do problema: algoritmos.

Atribuímos inteligência às máquinas com base em sua capacidade de atingir objetivos. Entretanto, negligenciamos com frequência o exame sobre a adequação desses objetivos aos valores humanos. A inexistência desse alinhamento ético compromete a segurança e a legitimidade do desenvolvimento tecnológico.

Dessa forma, evidencia-se que a simples promulgação de normas jurídicas não assegura, por si só, a sua efetividade prática, sobretudo quando aplicadas a fenômenos de natureza global e marcadamente dinâmica, como a inteligência artificial. Nesse contexto, recomenda-se que pesquisas futuras se debrucem sobre modelos de governança internacional voltados à regulação de tecnologias emergentes, bem como sobre a viabilidade de mecanismos regulatórios mais flexíveis e responsivos — a exemplo da regulação por princípios e da autorregulação regulada — capazes de acompanhar, com maior agilidade, os desafios impostos pela inovação contínua.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. **Impact of Social Media on Mental Health**. 2022.

BRADFORD, Anu. **The Brussels Effect: How the European Union Rules the World**. Oxford: Oxford University Press, 2020.

BRASIL. *Senado Federal*. **Projeto de Lei nº 2.338, de 2023**. Dispõe sobre o uso da inteligência artificial no Brasil. Disponível em: <http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 5 ago. 2025.

BROUSSARD, Meredith. **Artificial unintelligence: how computers misunderstand the world**. Cambridge, MA: MIT Press, 2018.

CAPUANO, Amanda; MIYASHIRO, Kelly. *Comercial que reúne Elis e filha atesta força da inteligência artificial*. **Veja**. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/cultura/comercial-que-reune-elis-e-filha-atesta-forca-da-inteligencia-artificial>. Acesso em: 10 nov. 2024.

[33] LESSIG, Lawrence. *Code and Other Laws of Cyberspace*. New York: Basic Books, 1999.

CHMIELEWSKI, Dawn. *SXSW 2024: versão digital realista de Marilyn Monroe será apresentada em evento*. **CNN Brasil**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/sxsw-2024-versao-digital-realista-de-marilyn-monroe-sera-apresentada-em-evento/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

CITRON, Danielle; CHESNEY, Robert. *Deepfakes: a looming crisis for national security, democracy and privacy?* **Lawfare**, 2019. Disponível em: [lawfaremedia.org/article/deep-fakes-looming-crisis-national-security-democracy-and-privacy](https://www.lawfaremedia.org/article/deep-fakes-looming-crisis-national-security-democracy-and-privacy). Acesso em: 23 out. 2024.

ITS RIO. **Relatório matriz comparada de obrigações: PL 2338/2023 vs. EU AI act**. ITS Rio, 2024. Disponível em: <https://itsrio.org/pt/publicacoes/relatorio-matriz-comparada-de-obrigacoes-pl-2338-2023-vs-eu-ai-act-2/>. Acesso em: 18 ago. 2024.

LALLA, Vejay; MITRANI, Adine; HARNED, Zach. *Inteligência artificial: os deepfakes na indústria do entretenimento*. **Wipo Magazine**. 2022. Disponível em: https://www.wipo.int/wipo_magazine/pt/2022/02/article_0003.html. Acesso em: 10 dez. 2025.

LESSIG, Lawrence. **Code and Other Laws of Cyberspace**. New York: Basic Books, 1999.

LIRA, Camila de. *Quem vai pedir desculpas pelos danos dos deepfakes?* **Fast Company Brasil**. Disponível em: <https://fastcompanybrasil.com/tech/quem-vai-pedir-desculpas-pe-los-danos-dos-deepfakes/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MACKENZIE, Jean; CHOI, Leehyun. *Pornografia deepfake se espalha por escolas da Coreia do Sul e vítimas são jovens estudantes*. **BBC News**. Acesso em: 10 nov. 2024.

MOTZKIN, Elhanan. **Artificial Intelligence and the Chinese Room: An Exchange**. The New York Review of Books, 1989. Disponível em: <https://www.nybooks.com/articles/1989/02/16/artificial-intelligence-and-the-chinese-room-an-ex/>. Acesso em: 17 set. 2024.

PACETE, Luiz Gustavo. *O que a imagem fake do Papa diz sobre o futuro da IA?*. **Forbes Brasil**. 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2023/03/o-que-a-imagem-fake-do-papa-diz-sobre-o-futuro-da-ia/>. Acesso em: 11 out. 2024.

RUSSELL, Stuart. **Human compatible: artificial intelligence and the problem of control**. Penguin Books, E-book, 2020.

SCHREIBER, Anderson. *Elis Regina e a reconstrução digital póstuma*. **JOTA**. 29 de junho de 2024. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/coluna-do-anderson-schreiber/elis-regina-e-reconstrucao-digital-postuma>. Acesso em: 10 dez. 2025.

SOUZA, Carlos Affonso. *O Marco Civil da Internet e a responsabilidade dos intermediários*. In: DONEDA, Danilo (coord.). **Marco Civil da Internet: comentários à Lei 12.965/14**. Rio de Janeiro: Forense, 2015. p. 143-168.

THE TIMES. **Val Kilmer finds his voice again... thanks to AI**. Disponível em: <https://www.thetimes.com/business-money/technology/article/val-kilmer-finds-his-voice-again-thanks-to-ai-d3hhqc2m3?region=global>. Acesso em: 12 out. 2024.

TILIA, Caroline de. *Celebridades brasileiras são vítimas da IA: aprenda a reconhecer conteúdos falsos*. **Forbes Brasil**, 19 jan. 2025. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2025/01/celebridades-brasileiras-sao-vitimas-da-ia-aprenda-a-reconhecer-conteudos-falsos/>. Acesso em: 3 jul. 2025.

YOUTUBE. **How we made David Beckham speak 9 languages?** 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=CF_e0kMCW2o. Acesso em: 10 nov. 2024.

ORGANIZAÇÃO JURÍDICA DE COMUNIDADES EXTRATIVISTAS SERINGUEIRAS PARA PARTICIPAÇÃO NO MERCADO DE CARBONO VOLUNTÁRIO^[1]

Guilherme Fabbriziani Borges^[2]

Resumo

Este trabalho investigou a viabilidade da participação de comunidades extrativistas da Amazônia no mercado voluntário de carbono como instrumento de valorização econômica da floresta em pé. Diante do agravamento da crise climática e do avanço dos mecanismos internacionais de compensação por emissões de gases de efeito estufa, observou-se a consolidação do mercado de carbono como instrumento jurídico e financeiro relevante para a transição ecológica. No Brasil, a promulgação da Lei nº 15.042/2024 ampliou o escopo legal de titularidade dos créditos de carbono, reconhecendo o direito originário das comunidades tradicionais sobre os créditos gerados em seus territórios. Tendo como foco principal as comunidades extrativistas amazônicas, o trabalho delimitou o mercado voluntário como o único operacionalizável a curto prazo para essas populações, dada sua menor complexidade regulatória e maior acessibilidade técnica e financeira. O estudo também analisou as principais barreiras estruturais à inserção dessas comunidades no mercado, como a insegurança fundiária, os altos custos de certificação e a ausência de assistência técnica, além de, principalmente, a grande competitividade no mercado voluntário de carbono, sendo esse o principal motivo para a necessidade de organização. Por fim, a pesquisa defendeu a organização coletiva, especialmente por meio de cooperativas, como estratégia viável para aumentar a competitividade dessas comunidades no mercado voluntário de carbono, garantindo segurança jurídica, escala operacional e reconhecimento internacional.

Palavras-chave

Crédito de carbono. População tradicional. Cooperação. Meio ambiente. Conservação ambiental.

^[1] Este artigo é resultado da pesquisa desenvolvida sob a orientação da Professora Carla Izolda Fiuza Costa Marshall no Programa de Iniciação Científica Voluntária do Ibmec-RJ entre 2024 e 2025.

^[2] Bacharel em Direito pelo Ibmec-RJ e membro do Grupo de Estudos de Direito Econômico, Propriedade Intelectual e Sustentabilidade (DGP/CNPq/IBMEC).

Introdução

A floresta Amazônica, além de sua imensa extensão, é crucial tanto no aspecto ambiental quanto cultural, abrigando diversas comunidades tradicionais. Essas comunidades enfrentam desafios econômicos e ambientais, e a resolução de um implicaria na piora do outro. Entretanto, com o desenvolvimento do mercado de carbono, se observa a possibilidade de conglomerar esses distintos grupos para negociar a venda de créditos de carbono pela não exploração de terras pertencentes a eles, assim permitindo que as comunidades amazônicas possam gerar renda, por meio da sua conservação.

As mudanças climáticas têm lugar de destaque na pauta dos países, na medida em que todos vêm sofrendo os reflexos de desastres extremos. Nesse sentido, a busca por alternativas que viabilizem a manutenção das florestas, de todas as naturezas, “em pé” ou mesmo decorrente de reflorestamento, torna-se imperioso. Acresça-se a isso o componente social e econômico que a viabilização da organização de população tradicional da região Amazônica pode trazer para o contexto.

Tal possibilidade ofereceria uma solução sustentável para romper o ciclo de pobreza na região, sendo necessário definir qual o melhor mercado de carbono para tal atividade (voluntário ou regulado), e como, juridicamente, organizar essas comunidades de uma forma justa e aplicável para a imensidão e preservação do bioma.

A presente pesquisa tem como objetivos: i) traçar breve panorama histórico e normativo sobre o mercado de carbono, com ênfase na evolução dos mecanismos internacionais e na legislação brasileira recente; ii) delimitar as diferenças estruturais entre o mercado regulado e o mercado voluntário, justificando a escolha metodológica pelo voluntário como mais compatível com a realidade das comunidades extrativistas amazônicas; iii) investigar a possibilidade de organização coletiva das comunidades tradicionais da Amazônia, especialmente as extrativistas, como estratégia para viabilizar sua inserção competitiva e segura no mercado voluntário de carbono.

No intuito de compreender a aplicabilidade do mercado de carbono às comunidades extrativistas amazônicas, iniciou-se a pesquisa com a análise do arcabouço jurídico nacional e internacional referente ao tema. Foram examinados marcos normativos como o Protocolo de Quioto, o Acordo de Paris e, especialmente, a Lei nº 15.042/2024, com foco no artigo 43, que reconhece a titularidade originária dos créditos de carbono por comunidades tradicionais em unidades de conservação de uso sustentável.

Em paralelo, realizou-se levantamento bibliográfico em obras e artigos especializados nas áreas de direito ambiental, economia do clima, regulação de mercados e políticas públicas voltadas à Amazônia. A pesquisa também envolveu consulta a fontes institucionais, como relatórios do Banco Mundial, da ONU, da WayCarbon e do Integrity Council for the Voluntary Carbon Market (ICVCM), com o objetivo de compreender os padrões de qualidade exigidos para certificação de créditos no mercado voluntário.

Em um segundo momento, foi feita uma análise comparativa entre o mercado regulado e o mercado voluntário de carbono, a fim de delimitar qual deles seria mais viável e acessível para populações periféricas da Amazônia. A partir disso, concentrou-se a investigação no funcionamento do mercado voluntário, seus desafios operacionais e os requisitos técnicos para inserção de projetos comunitários.

Por fim, foi realizada uma pesquisa aplicada voltada à estrutura social das comunidades extrativistas, com foco em suas formas tradicionais de organização e na viabilidade jurídica e econômica de sua articulação por meio de cooperativas ou consórcios. Essa etapa incluiu o mapeamento de experiências já existentes.

1. O mercado de carbono: voluntário e regulado

Inicialmente, é relevante compreender o Mercado de Carbono no contexto geral, assim, a construção normativa e institucional desse mercado foi fruto de um esforço multilateral contínuo, que se consolidou ao longo das últimas décadas como resposta à intensificação da crise climática global. Seu marco inicial pode ser situado na ECO-92, realizada no Rio de Janeiro, onde foi instituída a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), que deu origem às Conferências das Partes (COPs), instâncias periódicas de negociação internacional sobre o tema (IPEA, 2013).

Adiante, o reconhecimento da mudança climática como problema global exigiu não apenas compromissos políticos, mas também a criação de instrumentos concretos capazes de gerar resultados. A consolidação de mecanismos de mercado foi, desde o início, uma tentativa de responder à necessidade de ação prática, transformando emissões em ativos negociáveis sob lógica econômica.

Dessa forma, 1997, durante a COP-3, foi firmado o Protocolo de Quioto, com o objetivo de reduzir as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) em pelo menos 5,2% até 2012, tendo como base os níveis de 1990. Nesse contexto, surgiram os primeiros mecanismos de mercado voltados à mitigação climática, como o Comércio de Emissões, a Implementação Conjunta e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (IPEA, 2013). Com o passar do tempo, tornou-se evidente que seria necessário aperfeiçoar os instrumentos existentes, especialmente diante da escalada do aquecimento global, que, em 2024, superou o limite simbólico de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, tornando-se o ano mais quente já registrado (AGÊNCIA GOV, 2025; ONU, 2025).

A partir disso, houve uma reestruturação do regime climático, com ampliação do número de países participantes e maior protagonismo do setor privado. As conferências seguintes passaram a discutir não apenas metas de redução, mas também formas de operacionalizar a compensação com critérios mínimos de transparência e credibilidade.

Apesar da inovação trazida pelos mecanismos do Protocolo de Quioto, os resultados ficaram aquém do necessário. A exclusão de países em desenvolvimento das metas de redução, somada à não adesão de emissores relevantes, comprometeu a efetividade do sistema. Ainda assim, o protocolo estabeleceu as bases técnicas para modelos futuros de compensação por emissões.

Diante disso, a COP13, em Bali, e a COP21, em Paris, assumiram papéis centrais na reestruturação do regime climático global. O Acordo de Paris, firmado em 2015 e ratificado por 195 países, previu, em seu artigo 6º, a possibilidade de negociação de créditos de carbono entre países e agentes privados, consolidando o mercado de carbono como instrumento de governança ambiental (Forbes, 2022). A operacionalização desse mercado foi gradualmente aprofundada em conferências posteriores, como a COP29, que aprovou padrões mínimos de transparência para a comercialização de créditos (Reuters, 2024).

Já no Brasil, a incorporação desse modelo ocorreu de forma mais lenta, marcada por lacunas regulatórias que impediam a criação de um sistema interno eficaz. A edição da Lei nº 15.042/2024 buscou preencher esse vazio normativo, instituindo o mercado regulado nacional e reconhecendo, pela primeira vez, a titularidade originária dos créditos de carbono gerados por comunidades tradicionais.

No plano nacional, a Lei nº 15.042/2024 representou o primeiro marco jurídico relevante no Brasil ao instituir o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), criando as bases legais para o mercado regulado de carbono em território nacional. O referido sistema adotou a lógica cap and trade, prevendo limites máximos de emissão e a possi-

bilidade de comercialização dos excedentes (Câmara dos Deputados, 2024; DIB, 2025). A legislação também reconheceu, em seu art. 43, a titularidade originária dos créditos de carbono pelas comunidades indígenas, extrativistas e quilombolas, desde que gerados em territórios legalmente reconhecidos (Brasil, 2024).

Atualmente, o mercado de carbono se divide em duas grandes modalidades: o mercado regulado e o voluntário. O primeiro é estruturado por normas legais e obrigações compulsórias de redução de emissões, com monitoramento estatal ou supranacional, sendo usualmente aplicado a setores industriais específicos (Ama Chains, 2025). Em contraste, o mercado voluntário não é regido por obrigações legais, mas sim por compromissos espontâneos de empresas e indivíduos que buscam compensar suas emissões, seja por razões ambientais, reputacionais ou estratégicas (WAYCARBON, 2025).

O presente trabalho delimita o mercado voluntário como foco analítico, por ser a única via atualmente acessível às comunidades amazônicas, especialmente às extrativistas. Isso se deve ao seu menor nível de burocracia, maior flexibilidade metodológica e custo relativamente inferior de entrada, em comparação com o mercado regulado, que impõe barreiras técnicas e financeiras incompatíveis com a realidade desses grupos (Manyu *et al.*, 2023; Mendoza, 2019). Ainda assim, mesmo o mercado voluntário apresenta desafios relevantes, exigindo, entre outros elementos, a adoção de sistemas rigorosos de mensuração, relato e verificação (MRV), conforme destacado pelo Banco Mundial (World Bank, 2022).

Assim, é nesse ambiente complexo e competitivo que as comunidades tradicionais buscam se inserir, sendo indispensável compreender a lógica operacional do mercado de carbono e, sobretudo, seus desdobramentos no contexto jurídico e institucional brasileiro.

2. As comunidades amazônicas

A discussão sobre a inserção das comunidades amazônicas no mercado de carbono pressupõe o reconhecimento de suas especificidades históricas, sociais, jurídicas e ambientais. Trata-se de populações marcadas por modos de vida sustentáveis e relações simbióticas com o território, muitas vezes invisibilizadas pelas políticas públicas tradicionais. Nas últimas décadas, contudo, houve avanços significativos no reconhecimento jurídico desses grupos, especialmente a partir da Constituição de 1988, que passou a garantir às comunidades o direito à terra, ao uso de seus recursos naturais, bem como sua proteção cultural e socioambiental (Medeiros e Silva, 2020).

Dentre os principais grupos considerados como comunidades tradicionais, destacam-se os povos indígenas, as comunidades extrativistas e as comunidades quilombolas. Os povos indígenas, originários da própria região amazônica, possuem uma relação com a terra que ultrapassa a subsistência: ela é fundamento de sua identidade cultural. No entanto, não é metodologicamente viável tratá-los como um grupo homogêneo, dada a enorme diversidade étnica, linguística e organizacional entre as mais de 180 etnias espalhadas por diferentes territórios (Mundo Educação, 2025; ISA, 2025). Por essa razão, a presente pesquisa não os abrange diretamente como foco.

As comunidades extrativistas, por sua vez, formam o núcleo da investigação. Compreendidas como aquelas que dependem da extração de produtos florestais, especialmente de origem vegetal, essas populações desenvolveram, na Amazônia, uma identidade coletiva marcada pela manutenção da floresta em pé e pela organização produtiva comunitária. Ainda que o extrativismo ocorra em outras regiões do país, foi na Amazônia que essas comunidades se consolidaram como movimento social — daí a referência a elas como “povos da floresta” (MDS, 2024).

A origem desse movimento está associada, sobretudo, à extração do látex das seringueiras, mas a atuação atual envolve uma diversidade de cadeias produtivas e é representada pelo Conselho Nacional das Populações Extrativistas (CNS), entidade que reúne diferentes grupos engajados na exploração sustentável de recursos florestais (MDS, 2024). Esse vínculo entre conservação e práticas produtivas de baixo impacto revela o papel ativo dessas comunidades na proteção da biodiversidade amazônica.

No plano jurídico, o marco da Constituição de 1988 reforça esse entendimento. O art. 225 define o meio ambiente como bem de uso comum do povo e estabelece o dever do poder público e da coletividade em preservá-lo para as presentes e futuras gerações. O §4º do mesmo artigo reconhece a Floresta Amazônica como patrimônio nacional, cuja exploração deve garantir a preservação dos recursos naturais. Ainda que os artigos 231 e 232 se refiram diretamente aos povos indígenas, a doutrina e a prática administrativa têm ampliado o alcance da proteção a outros grupos tradicionais, com base no art. 215, §1º, e no Decreto nº 6.040/2007, que institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (MDS, 2025).

Apesar do reconhecimento normativo, persistem obstáculos concretos à autonomia das comunidades extrativistas. Faltam assistência técnica, infraestrutura básica e políticas públicas que dialoguem com suas formas próprias de produção e organização. A instabilidade fundiária e a dificuldade de acesso a editais ou programas de financiamento climático também limitam sua inserção em instrumentos como o mercado voluntário de carbono (Oliveira; Almeida, 2023).

Além disso, a lógica de certificação exigida por padrões internacionais raramente se adequa às práticas locais. O mercado voluntário demanda monitoramento, auditoria e rastreabilidade em padrões que não dialogam com os modelos coletivos de gestão tradicional. Isso reforça a necessidade de mediações institucionais e tecnológicas capazes de traduzir essas práticas sem desconfigurar sua lógica sociocultural (Gomes; Pereira, 2022).

Há, ainda, obstáculos de natureza fundiária e política. A pressão de atividades como o agronegócio sobre os territórios tradicionalmente ocupados intensifica conflitos e desestrutura os modos de vida baseados na coletividade. A experiência da região de Santarém, por exemplo, mostra como a valorização da terra a partir da expansão da soja levou à grilagem, especulação e expulsão de famílias, impactando diretamente sua permanência nos territórios (Barbosa, 2014).

Esses impasses são tanto materiais quanto epistemológicos. A substituição de uma lógica territorial coletiva por uma racionalidade mercantil afeta não apenas o controle da terra, mas também os sentidos simbólicos atribuídos ao território. O que antes era espaço de vida, ancestralidade e reciprocidade passa a ser tratado como ativo financeiro. Reconhecer essas populações como sujeitos de direito implica, portanto, respeitar suas formas próprias de se organizar, produzir e conservar.

É nesse contexto que se justifica a delimitação metodológica desta pesquisa: focar especificamente nas comunidades extrativistas. Elas apresentam um acúmulo histórico de práticas sustentáveis e de formas organizativas compatíveis com a proposta de valoração ambiental. A inserção dessas comunidades no mercado voluntário de carbono não é apenas uma questão técnica, mas um passo político no sentido de reconhecer e fortalecer o protagonismo daqueles que, de fato, conservam a floresta.

No interior desse grupo heterogêneo de comunidades extrativistas, o segmento dos seringueiros apresenta relevância singular para os objetivos desta pesquisa. A história de organização política e social dos povos da borracha, marcada por figuras emblemáticas como Chico Mendes, conferiu a esse grupo não apenas visibilidade nacional e internacional, mas também uma estruturação coletiva mais amadurecida em torno da

defesa ambiental e da valorização da floresta em pé. Os seringueiros foram pioneiros na formulação do conceito de “desenvolvimento sustentável” a partir da prática cotidiana e da resistência socioterritorial.

Além disso, a cultura do látex permanece, em muitos territórios amazônicos, como eixo central da identidade econômica, cultural e ecológica. Essa trajetória consolidou uma base favorável para pensar sua inserção organizada em instrumentos como o mercado de carbono, sobretudo por meio de cooperativas e consórcios regionais já existentes, capazes de garantir a governança e a rastreabilidade exigidas por esse sistema.

3. A necessidade de organização coletiva em cooperativas

O mercado voluntário de carbono opera a partir de uma lógica técnica e institucional que não reconhece o indivíduo como agente direto. A inserção nesse sistema exige a existência de uma estrutura mínima de governança, capaz de responder pelas exigências de verificação, auditoria, certificação e comercialização (World Bank, 2022). Isso afasta, na prática, a possibilidade de participação isolada de comunidades tradicionais.

O cenário atual impõe custos e barreiras operacionais que só podem ser superados mediante organização coletiva. A constituição de cooperativas, associações ou consórcios permite ganhos de escala, diluição de custos e maior capacidade de interlocução com os atores do mercado. Mais do que uma opção, a articulação institucional se coloca como condição para viabilizar qualquer projeto de crédito de carbono em territórios ocupados por populações extrativistas (Mendoza, 2019).

O modelo cooperativista, por sua vez, apresenta compatibilidade com a lógica comunitária dessas populações. Ele permite a divisão proporcional de benefícios, respeita formas tradicionais de deliberação e facilita o acesso a programas públicos e linhas de financiamento. Ao mesmo tempo, cria uma personalidade jurídica apta a celebrar contratos, captar recursos e responder por obrigações técnicas junto aos padrões de certificação adotados no mercado internacional (Manyu *et al.*, 2023).

Experiências já em curso indicam que a ausência de estrutura organizativa é um dos principais fatores de exclusão das comunidades nesse tipo de mercado. A dependência de intermediários, a fragilidade contratual e a assimetria de informações comprometem a autonomia das populações locais e reduzem sua participação nos benefícios gerados. A existência de uma entidade coletiva estruturada é o que permite maior controle sobre o processo, maior capacidade de negociação e menor vulnerabilidade jurídica (World Bank, 2022).

Logo, sem articulação institucional, as comunidades extrativistas continuarão dependentes de atores externos para acessar o mercado de carbono. Isso compromete não apenas sua autonomia, mas também a própria legitimidade de um sistema que se propõe a valorizar quem conserva. A organização coletiva, nesse contexto, não é um fim em si mesma, mas um instrumento necessário para garantir protagonismo e permanência das comunidades no centro da economia da conservação.

Ainda, possibilitaria uma maior escala de participação das atividades, maior competitividade no mercado e facilitaria a entrada das comunidades no mercado, em específico as seringueiras, como será demonstrado a seguir.

4. Dificuldade de dados sistematizados

Um dos principais entraves enfrentados ao longo da pesquisa foi a escassez de dados sistematizados e atualizados sobre iniciativas de crédito de carbono em comunidades tradicionais. A ausência de registros centralizados, bases públicas organizadas ou

relatórios oficiais acessíveis dificultou sobremaneira o levantamento de experiências anteriores, bem como a identificação de boas práticas a serem replicadas. Essa carência de informações impõe um desafio adicional ao planejamento de projetos, pois impede a aprendizagem institucional a partir de experiências anteriores e dificulta a avaliação da viabilidade real desses mecanismos no território amazônico.

Ainda que existam estudos qualitativos e experiências localizadas com mapeamento participativo, como o trabalho conduzido por Bessa na RESEX do Baixo Juruá (Bessa, 2019), esses dados não são consolidados em uma base nacional, nem tampouco articulados com os instrumentos oficiais de planejamento territorial.

O problema não reside apenas na inexistência de levantamentos, mas na sua fragmentação, desatualização e falta de integração entre diferentes escalas e instituições. Igualmente, existe um desafio na rastreabilidade socioambiental no contexto amazônico, o que reforça esse ponto pois aponta que grande parte das informações disponíveis sobre territórios tradicionais se encontra dispersa entre bases estaduais, federais, não governamentais e acadêmicas, sem interoperabilidade (Ramos; Hazeu, 2025).

Além disso, há carência de indicadores padronizados que permitam avaliar a viabilidade técnica e jurídica de implementação de projetos de carbono em escala comunitária. Elementos como regularidade fundiária, grau de organização produtiva, existência de práticas sustentáveis e passivos ambientais costumam aparecer de forma difusa ou desagregada. Essa condição dificulta não apenas o planejamento de ações por parte do poder público e de entidades técnicas, mas também fragiliza a posição das comunidades frente a eventuais investidores.

Ainda que alguns diagnósticos localizados, como o Atlas das RESEXs paraense (IDESP, 2023) ou os estudos de caso discutidos na literatura, ofereçam dados relevantes, o panorama geral segue marcado pela descontinuidade e pela ausência de sistematização. Isso mantém as populações extrativistas à margem das ferramentas estratégicas de gestão territorial e ambiental, e reforça a dependência de mediadores externos para acessar mecanismos de valoração ecológica como o mercado de carbono.

5. Critérios territoriais e operacionais para a formação de cooperativas

Um dos principais impasses enfrentados durante o desenvolvimento desta pesquisa foi a definição de critérios adequados para a delimitação territorial das comunidades extrativistas amazônicas. Trata-se de um desafio não apenas técnico, mas político e jurídico, que afeta diretamente a viabilidade de projetos estruturados de crédito de carbono. A ausência de um parâmetro institucional unificado compromete a transparência, a segurança jurídica e a própria execução de estratégias coletivas voltadas à valoração ambiental.

Nesse sentido, propõe-se, com base na análise de documentos técnicos e experiências institucionais recentes, uma hipótese metodológica de delimitação que articule três dimensões centrais: autodeclaração comunitária, reconhecimento institucional e funcionalidade socioambiental.

A autodeclaração territorial, prevista no Decreto nº 6.040/2007, deve ser reconhecida como ponto de partida legítimo. O direito das comunidades tradicionais de definirem suas próprias fronteiras simbólicas, produtivas e culturais é elemento essencial de sua autonomia. Ferramentas como o aplicativo “Tô no Mapa”, desenvolvido pelo IPAM e pela Rede Cerrado, operacionalizam esse direito, permitindo o automapeamento comunitário com apoio técnico e padronização cartográfica (IPAM, 2023).

Entretanto, a autodeclaração, por si só, não é suficiente para assegurar a estabilidade necessária à implementação de projetos de longo prazo. Por isso, propõe-se a exigência de reconhecimento institucional prévio como critério de elegibilidade. Poderiam ser considerados territórios reconhecidos por órgãos públicos como o ICMBio (no caso das Reservas Extrativistas), a Fundação Cultural Palmares (para comunidades quilombolas) ou o Ministério Público Federal, por meio da Plataforma de Territórios Tradicionais (MPF, 2023). Essa camada institucional confere maior robustez jurídica e reduz o risco de litígios fundiários futuros.

Sugere-se a adoção de um critério funcional de uso tradicional e organização coletiva. A inclusão de territórios deve observar a existência de práticas extrativistas sustentáveis atestadas por dados de produção, vínculos a cadeias da sociobiodiversidade (como castanha, borracha, açaí, entre outros) e presença de organizações comunitárias ativas, como cooperativas ou associações legalmente constituídas (Guia de Políticas Públicas para PCTs, MDA/SEPIR, 2022).

A conjugação desses três critérios, autodeclaração, reconhecimento institucional e funcionalidade extrativista, constitui, portanto, uma proposta equilibrada de delimitação territorial. Trata-se de um modelo que respeita a diversidade sociocultural das comunidades amazônicas, oferece segurança jurídica mínima e atende aos requisitos de rastreabilidade e governança exigidos pelos padrões internacionais do mercado voluntário de carbono.

Ainda que sujeito a aperfeiçoamentos, esse referencial metodológico é um passo necessário para enfrentar o vácuo normativo existente. Sem critérios claros, os projetos permanecerão vulneráveis a contestações externas, dificultando o acesso das comunidades extrativistas aos benefícios financeiros e institucionais prometidos pela economia da conservação.

Por fim, agora sob um ponto de vista mais prático e operacional, é igualmente relevante considerar a proximidade geográfica entre as comunidades que se pretendem reunir em uma mesma cooperativa. Essa proximidade territorial facilita o diálogo entre os grupos, reduz os custos logísticos de transporte e mobilização, e potencializa o surgimento de uma governança compartilhada mais eficiente. Comunidades próximas costumam enfrentar desafios semelhantes, como acesso à infraestrutura, regularização fundiária ou apoio técnico, e compartilham contextos ambientais e produtivos análogos, como o tipo de vegetação, regime de chuvas ou espécies exploradas. Além disso, uma certa equivalência na quantidade de CO₂ por cada grupo favorece a construção de modelos mais justos de divisão de benefícios, evitando assimetrias que poderiam comprometer a coesão interna da cooperativa. Em outras palavras, a delimitação por território contíguo ou adjacente contribui para formar unidades de gestão mais coesas, coparticipativas e eficientes do ponto de vista ambiental, institucional e econômico.

6. Comunidades de seringueiros

A escolha metodológica por focalizar as comunidades extrativistas na Amazônia encontra, nas comunidades de seringueiros, um exemplo particularmente expressivo de organização social, protagonismo ambiental e compatibilidade com os instrumentos de mercado de carbono. Trata-se de um grupo que, além de manter práticas sustentáveis historicamente consolidadas, construiu ao longo das décadas uma estrutura institucional que facilita sua articulação com mecanismos formais de valoração ambiental (Medeiros e Silva, 2020).

Os seringueiros se destacam por uma identidade forjada na extração do látex, em sistemas tradicionais de coleta que pressupõem o manejo sustentável da floresta nativa. Essa atividade, ainda que economicamente fragilizada em contextos recentes, permanece como elemento central das práticas culturais e econômicas de diversas comunidades

amazônicas (Oliveira; Almeida, 2023). Sua lógica de produção, centrada na floresta em pé, antecipou de forma prática os fundamentos do que hoje se denomina desenvolvimento sustentável (Barbosa, 2014).

Além disso, essas comunidades acumularam um repertório institucional próprio, baseado em associações, sindicatos e cooperativas, com potencial de adaptação às exigências técnicas e jurídicas impostas pelos mercados de carbono, sobretudo no âmbito do mercado voluntário, onde há maior flexibilidade metodológica (Medeiros; Silva, 2020). Logo, a trajetória política e social dos seringueiros, marcada por experiências como a criação das reservas extrativistas, evidencia uma capacidade histórica de protagonizar soluções inovadoras de uso sustentável da terra, conciliando conservação ambiental e justiça social (Barbosa, 2014).

A história de organização política dos seringueiros reforça essa perspectiva. A mobilização em torno da defesa dos territórios extrativistas ganhou força especialmente a partir da década de 1980, sob a liderança de Chico Mendes, cuja atuação foi fundamental para consolidar a proposta das Reservas Extrativistas (RESEX) como modelo jurídico-institucional voltado à proteção simultânea da biodiversidade e das populações tradicionais. Essas reservas, conforme definido pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), têm por finalidade a exploração sustentável dos recursos naturais por populações extrativistas tradicionais, assegurando a proteção dos meios de vida e da cultura dessas populações (Brasil, Lei nº 9.985/2000).

É importante observar que os seringueiros foram o primeiro grupo extrativista tradicional a conquistar o reconhecimento formal de seus territórios e modos de vida por meio de um instrumento jurídico específico, as RESEX, que, até hoje, compõem a principal base territorial das iniciativas voltadas à valorização do extrativismo sustentável. Em muitos casos, essas áreas são, de fato, ocupadas majoritariamente por famílias de seringueiros, cuja prática do extrativismo de látex se mantém como eixo estruturante da reprodução social (Bessa, 2021).

No plano institucional, as comunidades de seringueiros também possuem uma densidade organizacional que as diferencia de outros grupos tradicionais. Desde a fundação do Conselho Nacional das Populações Extrativistas (CNS), em 1985, essas comunidades vêm atuando de forma articulada na reivindicação por políticas públicas, recursos e reconhecimento. Essa capacidade organizativa é fator determinante para a entrada em mecanismos complexos como o mercado voluntário de carbono, que exige governança coletiva, mensuração técnica e mecanismos de verificação e certificação (Zwick et al., 2024).

Ademais, por serem comunidades com experiências anteriores de articulação em cooperativas e associações locais, os seringueiros apresentam melhores condições para a constituição de arranjos produtivos comunitários voltados à comercialização de créditos de carbono. Essa predisposição institucional é um diferencial relevante, considerando os elevados custos de transação e a complexidade burocrática envolvida na inserção de territórios tradicionais nesse mercado.

A delimitação metodológica por priorizar os seringueiros, portanto, não se fundamenta apenas em razões históricas ou simbólicas. Trata-se de um grupo cuja trajetória comprova a viabilidade concreta de articulação entre conservação ambiental, protagonismo comunitário e viabilidade econômica. Em um contexto em que a maioria das comunidades tradicionais enfrenta dificuldades estruturais para acessar os instrumentos da economia da conservação, os seringueiros representam um caso emblemático de potencial real de integração ao mercado voluntário de carbono.

Entretanto, o acima exposto não impede a aplicação de cooperativas a outras comunidades amazônicas, sejam extrativistas ou não, mas apenas se apresenta como motivo da escolha de delimitação do objeto da pesquisa aos seringueiros.

7. As cooperativas como estrutura jurídica e operacional para superar barreiras técnicas e acessar o mercado de carbono

Adiante, a escolha metodológica pelo modelo cooperativo não se dá apenas por conveniência, mas principalmente por uma aproximação real entre os fundamentos jurídicos dessa forma de organização e a lógica comunitária das populações extrativistas. As cooperativas, nos termos da Lei nº 5.764/71, são sociedades de pessoas, sem fins lucrativos, voltadas à promoção de interesses econômicos e sociais comuns, por meio da ajuda mútua, autogestão e participação democrática (BRASIL, 1971). Essa estrutura jurídica permite que comunidades organizadas em torno da produção coletiva, como é o caso dos seringueiros, acessem instrumentos de mercado sem renunciar a suas práticas sociais tradicionais.

Além da segurança jurídica, o cooperativismo oferece um caminho viável para a inserção econômica com protagonismo. Ao contrário de modelos empresariais clássicos, que concentram decisões e benefícios, a lógica cooperativa assegura repartição equitativa de ganhos e maior controle sobre os rumos produtivos do grupo. Essa característica é central em um cenário onde os instrumentos de comercialização de crédito de carbono impõem exigências técnicas e contratuais que inviabilizam a participação individual de produtores. A estrutura coletiva, portanto, é não só mais eficiente do ponto de vista da escala, como também mais justa do ponto de vista político.

É importante destacar que o modelo das cooperativas não apenas permite que essas comunidades participem do mercado voluntário de carbono, ele condiciona essa participação. Em contextos de extrema vulnerabilidade, como o das populações amazônicas, não há viabilidade real de negociação direta com empresas compradoras ou certificadoras internacionais. A criação de uma personalidade jurídica coletiva é o que viabiliza a formalização de contratos, a captação de recursos, o acesso a linhas de crédito e a prestação de contas perante os órgãos reguladores. Ainda, também possibilita uma comercialização de mais toneladas de CO₂, o que, por sua vez, aumenta a visibilidade do negócio pretendido. Logo, mais do que uma formalidade, trata-se de uma ferramenta de permanência e de disputa por espaço dentro da lógica da economia verde.

Portanto, ao escolher trabalhar com cooperativas, a pesquisa adota uma estratégia que reforça o protagonismo local e a valorização dos saberes e práticas tradicionais. Os seringueiros, em especial, já apresentam um histórico de organização em moldes coletivos, o que facilita sua inserção em modelos mais estruturados de governança ambiental.

Não obstante a afinidade entre o modelo cooperativo e a lógica de organização das comunidades extrativistas, persiste uma camada de desafios técnicos e financeiros que precisa ser enfrentada. O ingresso no mercado voluntário de carbono exige, como condição mínima, o cumprimento de exigências rigorosas de mensuração, relato e verificação (MRV), a adoção de metodologias certificadas e o estabelecimento de relações contratuais com compradores e verificadores. Essas etapas, por mais padronizadas que estejam no plano internacional, ainda representam um verdadeiro bloqueio para grande parte das comunidades da Amazônia, especialmente em função do alto custo envolvido, da ausência de capacitação local e da dificuldade de tradução de saberes tradicionais para parâmetros técnicos reconhecidos pelos mercados (World Bank, 2022; Manyu *et al.*, 2023).

A constituição de cooperativas, nesse contexto, não deve ser vista apenas como um mecanismo jurídico de formalização. Trata-se, antes, de uma estratégia de superação de assimetrias que atravessam a relação entre comunidades locais e agentes financeiros. Por meio da atuação cooperativa, é possível diluir os custos de transação, compartilhar os investimentos necessários para certificação e estabelecer processos coletivos de governança que reforcem a confiança de compradores internacionais, sem sacrificar a autonomia socioproductiva dos territórios.

Além disso, a estrutura coletiva facilita o estabelecimento de parcerias institucionais com órgãos públicos, universidades, empresas certificadoras e iniciativas de apoio técnico, viabilizando a construção de projetos mais robustos e com maior capacidade de permanência. As cooperativas tornam-se, assim, um ponto de interseção entre a economia da conservação e as formas tradicionais de vida dos seringueiros.

Essa organização, entretanto, requer tempo, investimento inicial e apoio técnico especializado. Não se trata de esperar que essas comunidades operem por conta própria uma inserção em cadeias de valor altamente sofisticadas. Ao contrário, a aposta no modelo cooperativo exige políticas públicas que reconheçam a complexidade dos territórios amazônicos e ofereçam suporte continuado para sua organização produtiva, sob risco de transformar o mercado de carbono em mais uma fronteira de exclusão.

Conclusão

A partir da análise realizada, ficou evidente que a inserção das comunidades extrativistas no mercado voluntário de carbono representa uma alternativa real de valorização da floresta em pé, desde que respeitadas as especificidades sociais, culturais e territoriais desses grupos. Mais do que uma possibilidade técnica, trata-se de uma estratégia política de reconhecimento e fortalecimento de populações historicamente responsáveis pela conservação da Amazônia.

Ainda, a escolha metodológica pelo modelo cooperativo mostrou-se coerente com a lógica organizativa dessas comunidades, especialmente dos seringueiros, que já apresentam um histórico consolidado de atuação coletiva. A estrutura das cooperativas não apenas viabiliza a formalização de projetos, como garante maior equidade e protagonismo no acesso aos benefícios gerados.

Apesar disso, o estudo identificou barreiras relevantes. A ausência de dados sistematizados, a dificuldade de definição de critérios territoriais para organização coletiva e as exigências técnicas impostas pelos padrões de certificação ainda afastam parte significativa dessas populações dos instrumentos da economia da conservação. Soma-se a isso a falta de jurisprudência consolidada e a escassez de tratamento aprofundado sobre o tema na doutrina.

Em síntese, as principais dificuldades encontradas durante a pesquisa foram: (i) a ausência de dados sistematizados sobre as comunidades extrativistas na Amazônia; (ii) os desafios metodológicos relacionados à definição de critérios territoriais e operacionais para a formação de cooperativas comunitárias; (iii) barreiras técnicas impostas pelo mercado voluntário de carbono, que demandam estruturas de governança e certificação incompatíveis com a realidade de muitos grupos tradicionais; e (iv) a escassez de jurisprudência e de debate doutrinário aprofundado sobre a inserção de comunidades tradicionais nesses mecanismos de valoração ambiental.

Entretanto, a hipótese de que é possível construir juridicamente caminhos legítimos de inserção dessas comunidades no mercado de carbono foi confirmada. Combinando marcos legais já existentes, parâmetros territoriais adequados e formas de organização compatíveis com a realidade local, é possível estruturar uma participação qualificada e justa das populações extrativistas na economia da conservação.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA GOV. **Ano de 2024 foi o mais quente da história, aponta relatório da ONU.** 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202407/ano-de-2024-foi-o-mais-quente-da-historia-aponta-relatorio-da-onu>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- AMA CHAINS. **Guia introdutório ao Mercado de Carbono no Brasil.** 2025. Disponível em: <https://www.amachains.com.br/blog/mercado-de-carbono>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- BARBOSA, R. P. **Agronegócio, conflitos e grilagem de terras na Amazônia: a disputa pelo território em Santarém (PA).** 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2014.
- BESSA, J. L. **Dinâmica socioambiental em territórios extrativistas amazônicos: o caso da RESEX Baixo Juruá.** 2019. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.
- BRASIL. **Lei n. 5.764, de 16 de dezembro de 1971.** Define a Política Nacional de Cooperativismo. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 1971.
- BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- BRASIL. **Lei n. 15.042, de 2024.** Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2024.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Relatório do Projeto de Lei nº 528/2021.** Brasília: Câmara dos Deputados, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- DIB, M. *O novo mercado regulado de carbono no Brasil: desafios e perspectivas.* **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, n. 101, p. 115–139, jan./mar. 2025.
- FORBES. **Acordo de Paris: o que é e por que ele importa.** 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/ultimas/2022/11/o-que-e-o-acordo-de-paris>. Acesso em: 21 jul. 2025.
- GOMES, R.; PEREIRA, J. C. Mercado de carbono e comunidades tradicionais: caminhos de compatibilização. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 85–107, 2022.
- IDESP. *Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará.* **Atlas das Reservas Extrativistas do Pará.** Belém: IDESP, 2023.
- IPEA. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.* **Mercado de carbono: histórico e perspectivas para o Brasil.** Brasília: IPEA, 2013. (Texto para Discussão n. 1884).
- IPAM; REDE CERRADO. **Tô no Mapa: ferramenta para mapeamento de territórios tradicionais.** Brasília: IPAM, 2023. Disponível em: <https://tonomapa.org.br>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- ISA. *Instituto Socioambiental.* **Povos indígenas do Brasil.** 2025. Disponível em: <https://pib.socioambiental.org>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- MANYU, M. *et al.* Community Carbon Projects: Barriers and Opportunities for Equitable Benefit Sharing. **Climate Policy Journal**, v. 23, n. 1, p. 88–107, 2023.
- MEDEIROS, M.; SILVA, P. Direitos dos povos tradicionais e conservação ambiental na Amazônia. **Revista Direito e Sociedade**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 45–67, 2020.
- MDS. *Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome.* **Povos e Comunidades Tradicionais: conceitos e políticas.** Brasília: MDS, 2024.
- MDS. **Povos da Floresta: história das populações extrativistas da Amazônia.** Brasília: MDS, 2025.

MENDOZA, R. J. Cooperativas e sustentabilidade: a inserção das comunidades tradicionais na economia verde. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 50, n. 1, p. 123–145, 2019.

MPF. *Ministério Público Federal. Plataforma de Territórios Tradicionais*. Brasília: MPF, 2023. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/pgt>. Acesso em: 22 jul. 2025.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Povos indígenas brasileiros**. 2025. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/sociologia/povos-indigenas.htm>. Acesso em: 20 jul. 2025.

OLIVEIRA, V.; ALMEIDA, R. Comunidades tradicionais e governança ambiental na Amazônia: análise crítica dos mecanismos de compensação. **Revista de Estudos Socioambientais**, Manaus, v. 15, n. 1, p. 77–96, 2023.

ONU. *Organização das Nações Unidas. Relatório de Mudanças Climáticas 2025*. Nova York: ONU, 2025.

RAMOS, A.; HAZEU, J. Desafios da rastreabilidade socioambiental na Amazônia.

Revista da Sociedade Brasileira de Geografia, São Paulo, v. 90, n. 1, p. 22–40, 2025.

REUTERS. **COP29 define regras para mercado global de carbono**. 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com/climate/cop29-carbon-market>. Acesso em: 21 jul. 2025.

WAYCARBON. **Mercado voluntário de carbono: conceitos e perspectivas**. 2025.

Disponível em: <https://www.waycarbon.com>. Acesso em: 20 jul. 2025.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2022**. Washington, DC: World Bank, 2022.

ZWICK, S. *et al.* Carbon Markets and Indigenous Communities: Lessons from the Amazon Basin. **Forest Trends Report Series**, Washington, DC, 2024.

A PERICULOSIDADE COMO INSTRUMENTO DE ESTIGMATIZAÇÃO DOS PORTADORES DE DOENÇA MENTAL NO BRASIL^[1]

Gustavo Pompeu^[2]

Leonora Roizen Albek Oliven^[3]

Resumo

O presente trabalho tem por principal objeto de estudo o instituto da periculosidade no Direito Penal, preocupando-se em investigar suas origens no campo doutrinário-jurídico, bem como sua trajetória no desenvolvimento da sociedade brasileira. O estudo adota uma abordagem crítica, visando compreender o tema à luz dos saberes da psicologia jurídica, a fim de alcançar uma visão analítica do tema. Baseando-se em uma revisão bibliográfica, envolvendo a análise de obras acadêmicas e legislação pertinentes à questão, se propõe a verificar como a teoria da periculosidade, sedimentada em princípios positivistas, pode contribuir para o agravamento de problemáticas consolidadas no país, como o racismo estrutural, a desigualdade social e a estigmatização dos mais vulneráveis. Por meio da análise crítica e multidisciplinar, espera-se fornecer elementos para um maior entendimento sobre as implicações deste instituto no corpo social e eventual incongruência com os valores de um Estado Democrático de Direito, em especial com os direitos fundamentais de primeira geração.

Palavras-chave

Periculosidade. Estigma. Psicologia.

[1] Este artigo é resultado da pesquisa desenvolvida sob a orientação da Professora Leonora Roizen Albek Oliven no Programa de Iniciação Científica Voluntária do Ibmec-RJ entre 2024 e 2025.

[2] Graduando em Direito no Ibmec-RJ. Membro do Grupo de Estudos Constitucionais (DGP/CNPq/IBMEC).

[3] Doutora em Direito. Mestre em Psicanálise, Saúde e Sociedade. Advogada. Professora orientadora na graduação do Ibmec-RJ e da Universidade Veiga de Almeida, e na pós-graduação da PUC-Rio.

Introdução

Fundada nos princípios do positivismo jurídico no fim do século XIX, a Escola Positiva caracteriza-se por sua orientação baseada nos estudos biológicos e sociológicos. A partir deles, justificou-se a atuação do Direito Penal diante da periculosidade do delinquente e da necessidade de proteger o corpo social, priorizando os interesses coletivos em detrimento dos individuais.

No decorrer de seu desenvolvimento teórico sobre a conduta criminosa, promovido especialmente por Cesare Lombroso, Raffaele Garofalo e Enrico Ferri, observa-se que suas ideias mais se atentavam à pessoa do crime do que propriamente o fato em si, instigando uma lógica pela qual tentava-se fundamentar a ocorrência de um crime pelas características físicas ou psicológicas do indivíduo que o praticava. Nesse sentido, a periculosidade nasceu com a finalidade de indicar aqueles sujeitos dotados de uma dita pré-disposição à prática de delitos, competindo ao Direito Penal o papel de isolá-los da sociedade e neutralizá-los diante de seu elevado grau de risco à pacificação social.

Este trabalho investiga a maneira como tal lógica advinda da periculosidade se desenvolveu no campo doutrinário-jurídico brasileiro e seus impactos no cenário fático, destacando as causas que corroboraram à consolidação do estigma social atualmente observável no país. Nesta esteira, parte-se da hipótese de que a atual concepção de periculosidade não se mostra mais adequada ao Direito contemporâneo, além de contribuir para a manutenção de estigmas e de um senso comum danoso contra portadores de transtornos mentais.

Seria razoável imaginar que as críticas aqui propostas se desenvolveriam apenas no âmbito do Direito Penal, haja vista que a periculosidade é um conceito historicamente vinculado a esse campo. No entanto, sendo o Direito um instrumento de regulação social, ele deve dialogar com outros saberes, sob pena de tornar-se obsoleto ou desproporcionalmente ineficaz. Por isso, a análise aqui realizada adota a psicologia jurídica como lente principal, permitindo uma compreensão mais ampla e fundamentada do conceito de periculosidade e de seus efeitos sociais. Assim, torna-se possível desenvolver uma abordagem mais justa e humanizada para lidar com questões relacionadas ao estigma na saúde mental e na proteção de pessoas em situação de maior vulnerabilidade.

1. Da periculosidade

Afinal, o que é periculosidade? Genericamente, pode esta ser entendida como a qualidade daquilo que é perigoso, seja em razão da natureza de uma ação ou do elevado grau de risco que dela pode decorrer. Aos trabalhadores que laboram a bordo de plataformas de petróleo, por exemplo, lhes é devido o recebimento de remuneração adicional em decorrência da exposição e contato permanente a fatores de risco como inflamáveis, tal como preconiza o art. 193 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

Para o Direito, ao contrário do que se extrai do conceito *latu sensu*, a periculosidade se refere exclusivamente à conduta do agente infrator da norma penal. Leciona Cezar Bitencourt (2023, p.933) que ela pode ser definida como “um estado subjetivo mais ou duradouro de antissociabilidade. É um juízo de probabilidade de que este (o agente) voltará a delinquir”.

O conceito se desenvolveu ao longo de diversas formulações propostas no decorrer dos estudos criminológicos, surgindo a partir da obra *O Homem Delinquente*, de Cesare Lombroso. Opondo-se ao individualismo da Escola Clássica, vertente da doutrina jus-naturalista, cujo fundamento do sistema punitivo se dava pelo livre arbítrio do homem, o Direito positivista optou por priorizar seu olhar à personalidade do réu, considerando o delito como um sintoma de periculosidade, como “índice revelador da personalidade

criminal” (Mecler, 2010). Desse modo, para o positivismo criminológico, o agente infrator não governa suas próprias ações e não tem liberdade de agir e, por isso, deve ser acompanhado de uma sanção, de caráter preventivo, ajustada à natureza do criminoso, defendendo o corpo social contra a ação do delinquente. Tal proposta de uma sanção de caráter preventivo é o que eventualmente viria a se tornar as chamadas medidas de segurança.

A Reforma Penal brasileira de 1984, transforma o modo de se enxergar e regular o controle punitivo estatal, trazendo uma visão mais garantista e condizente com um Estado Democrático de Direito. Adotou o reformado Código Penal em toda sua extensão o chamado sistema vicariante, superando de vez o antigo sistema duplo-binário, no qual se previa a aplicação da pena restritiva de liberdade e medida de segurança de forma concomitante aos imputáveis e semi-imputáveis, lesionando diretamente o princípio *ne bis in idem*.

A medida de segurança é atribuída àquele sujeito que infringe uma norma e que, por motivo de doença mental ou desenvolvimento mental incompleto, é considerado incapaz de entender o caráter ilícito do fato ou de se comportar conforme esse entendimento. Entretanto, fator psicológico não é suficiente para sujeitá-lo a essa sanção, pois o agente deve ter comprovado grau de periculosidade. Diante disso, surgem duas questões para a reflexão do tema: o que é ser perigoso? E mais, o louco é perigoso? (Lebre, 2013).

Por meio de uma análise histórica das transformações na sociedade brasileira, torna-se possível alcançar as respostas e, concomitantemente, evidenciar a real problemática presente no Direito Penal. Para isso, faz-se necessário transcorrer desde os penalistas do século XIX até a atual compreensão doutrinária de periculosidade.

1.1 Evolução teórica

A noção de periculosidade e, conseqüentemente, de medida de segurança emerge a partir das formulações da Escola Positiva, que pretendeu encarar o Direito como uma ciência. Ela optou por aplicá-lo os mesmos métodos de estudo e investigação que se utilizava em outras disciplinas. Trouxe contribuições significativas para o saber jurídico, como: a finalidade reeducativa da pena, o nascimento da criminologia, a aplicação jurídica aliada a outros saberes e, obviamente, o conceito de periculosidade.

O positivismo penal pode ser dividido em três fases: a antropológica de Cesare Lombroso; sociológica de Enrico Ferri e jurídica de Raffaele Garofalo. Ainda que, majoritariamente, superada no meio jurídico, essa doutrina se enraizou com surpreendente intensidade na sociedade, e suas ideias permanecem vivas e evidentes tanto na psiquiatria quanto no direito, na mídia, na política e nas mesas de bar (Caetano, 2017). Essa permanência demonstra como os pressupostos positivistas continuam a moldar percepções sociais sobre criminalidade, influenciando debates contemporâneos acerca da periculosidade.

1.1.1 Lombroso

Fundador da Escola Positiva Biológica e fortemente influenciado por Comte e Darwin, Cesare Lombroso origina a concepção periculista sustentada sobre o conceito de criminoso nato, apresentado na sua obra *O Homem Delinquente*. Para o autor, o Direito Penal deve consistir em um caráter preventivo, fundamentado na teoria da Defesa Social, acolhendo o determinismo e baseando-se nas ideias de Darwin a respeito da seleção e da luta pela existência (Santos, 2012).

Em outros termos, Lombroso partia da ideia do criminoso nato, isto é, um indivíduo dotado de certas características e estigmas físicos que representavam sua disposição à prática criminosa. O delito, portanto, tratava-se de um fenômeno social que podia ser

explicado não por preceitos morais, tal como sustentava a Escola Clássica, mas pelos próprios atributos antissociais do delinquente.

Tal visão aparece de forma ainda mais explícita em um opúsculo publicado em 1893, intitulado *As mais recentes descobertas e aplicações da psiquiatria e antropologia criminal*, no qual Lombroso afirma: “Na realidade, para os delinquentes-natos adultos não há muitos remédios; é necessário isolá-los para sempre, nos casos incorrigíveis, e suprimi-los quando a incorrigibilidade os torna demasiado perigosos”.

Perante um indivíduo naturalmente atribuído de periculosidade, a sociedade teria, portanto, a legitimidade de defender-se por meio de práticas centradas na ressocialização, o que mais tarde seriam conhecidas por medidas de segurança (Ferrajoli, 2006). Entretanto, todo o arranjo teórico exposto implica em diversas problemáticas que, daquele momento em diante, tornariam-se cada vez mais evidentes no corpo social. Essa formulação evidência o caráter excludente e biologizante de sua teoria, reforçando a noção de que o delinquente não apenas é portador de uma tendência inata ao crime, mas constitui um perigo permanente a ser neutralizado pelo Estado.

A primeira é a incorporação da dupla função da sanção penal. Para que se garantisse a defesa social, estariam autorizados meios que neutralizassem o delinquente, em razão de sua periculosidade, e que o curassem, haja vista que era encarado como um doente. Adiante, a segunda problemática decorre da consequência estigmatizante que atinge o delinquente. Na tentativa de encontrar uma explicação causal do comportamento antisocial, Lombroso iniciou uma série de experimentos que consistiam na análise física de indivíduos, desde bons ou maus soldados à presidiários. No fim de sua pesquisa, concluiu uma série de particularidades atributivas fisiológicas que, teoricamente, identificariam o criminoso nato. Ele seria caracterizado por suas orelhas grandes, olhos defeituosos, tatuagens, características sexuais invertidas etc.

A periculosidade, portanto, sustentada por ideais equivocados e racistas, permitiu o surgimento e a manutenção do estigma à diversos grupos indesejados por aqueles que exercem o poder, transformando-se em um mecanismo que acabou por corroborar a estruturação dos alicerces jurídicos e sociais contemporâneos. Em contrapartida, Cesare Lombroso, apesar do fracasso de sua teoria, teve o mérito de fundar a Antropologia Criminal em sua busca pelos motivos biopsíquicos do crime, também contribuindo no desenvolvimento da sociologia criminal.

1.1.2 Garofalo

Ainda que não possua contribuições tão expressivas como as de Lombroso e Ferri, Raffaele Garofalo é marcado por seu papel fundamental no desenvolvimento da Criminologia e, tal como os demais autores positivistas, por sua forte influência do darwinismo. Trouxe uma sistematização jurídica à Escola Positiva, estabelecendo conceitos complementares de periculosidade, tratando esta como fundamento de responsabilidade do delinquente. Aliás, atribuiu à pena uma função preventiva, fundamentando o direito de punir sobre a teoria da Defesa Social em face da temibilidade do agente, o que acabou por deixar os objetivos reabilitadores em segundo plano (Bitencourt, 2023).

Além de suas formulações conceituais no que tange à periculosidade, atualmente consideradas precárias e frágeis, Garofalo apresentava um certo ceticismo quanto à readaptação do homem, o que justifica suas sustentações sobre a legitimidade da sociedade em afastar socialmente o indivíduo considerado perigoso e suas posições em favor da pena de morte. Argumentava, com base no darwinismo social, a necessidade da aplicação de tal medida ao criminoso nato, posto que, segundo o autor, estes evidenciavam-se

ausentes de absoluta capacidade de adaptação (Bitencourt, 2023). Diante disso, nota-se que, ao contrário de Lombroso, centrava sua preocupação não na reabilitação, mas na incapacitação do delinquente.

Rafaelle Garofalo trouxe contribuições relevantes ao Direito, que, no entanto, são ofuscadas por sua formulação teórica controversa e incompatíveis com os atuais valores da sociedade.

1.1.3 Ferri

Em Enrico Ferri, jurista que consolidou o nascimento definitivo da Sociologia Criminal, a defesa social deve servir como fundamento da resposta para o crime, isto é, diante inexistência do livre-arbítrio na prática criminosa, sendo esta decorrente das condições particulares do criminoso nato, a sociedade não poderia submeter-se à intimidação do delinquente, fundamentando, portanto, a responsabilidade penal na responsabilidade social (Macedo, 2020).

Assim como Lombroso, Ferri adota a concepção de Defesa Social sob a ótica de uma resposta natural da sociedade, mas que, ao contrário do primeiro e de Garofalo, o autor assume uma postura diferente em relação à recuperação do criminoso, entendendo que este poderia, eventualmente, ser ressocializado. Ademais, sustentava que a condição antissocial do delinquente não advinha de suas características biológicas ou psicológicas, mas em razão do meio em que vive, assumindo uma teoria voltada ao fator sociológico (Bitencourt, 2023).

As teorias do positivismo criminológico evidenciam determinados traços característicos de tal pensamento, sendo estes: a pena com caráter preventivo, não retributivo, baseada na teoria da defesa social; a periculosidade do agente como fundamento de sua responsabilidade; o criminoso nato, a inexistência do livre arbítrio e o determinismo no delito.

2. Da (i)legitimidade da periculosidade

2.1 Periculosidade e culpabilidade

O Direito Penal brasileiro abraça o conceito analítico de crime, entendendo que um fato só pode ser considerado criminoso quando, cumulativamente: típico, ilícito e culpável. Para os fins deste trabalho, analisa-se tão somente ao campo da culpabilidade. Isso porque uma vez verificada a ausência de culpa na conduta do agente, há espaço para incidência da periculosidade.

Aos indivíduos carentes de culpabilidade decorrente da inimizabilidade ou semi-imizabilidade aplica-se a medida de segurança, ao tempo que aos que cumprem esta condição estarão sujeitos, geralmente, à pena privativa de liberdade.

A conduta só é considerada não culpável quando configurada: a inimizabilidade ou semi-imizabilidade do agente, inexistência de potencial conhecimento da ilicitude ou inexigibilidade de conduta diversa. A inimizabilidade do agente pode ser decorrente de sua i. doença mental, ii. desenvolvimento mental incompleto ou retardado, iii. menoridade, iv. embriaguez acidental completa ou embriaguez patológica. Neste estudo, somente as duas primeiras nos interessam. Isto porque a periculosidade recai exclusivamente sobre elas, em que se avaliará o grau de perigo que o indivíduo representa ao corpo social. Nesse entendimento, será objeto de atenção somente a condição de inimizável do infrator, em especial o proveniente de doença mental e desenvolvimento mental incompleto ou retardado.

A culpabilidade, elemento constitutivo do crime, consiste no grau de reprovabilidade da conduta, em outros termos, diz respeito a possibilidade de o autor do fato ser penalmente responsabilizado, seja em razão de sua imputabilidade, potencial conhecimento da ilicitude ou exigibilidade de conduta diversa. Recorda Cezar Roberto Bitencourt (2023, p. 426) que tal elemento provém do princípio de que não há pena sem culpabilidade (*nulla poena sine culpa*). O autor entende a culpabilidade como uma garantia para o infrator frente aos excessos do poder punitivo estatal. Assim, cumpre o papel de impor ao agente uma resposta proporcional na medida de seu conhecimento da ilicitude do fato ou modo de agir de acordo com essa compreensão. Nesse entendimento, a culpabilidade possui a função primordial de limitar o caráter retributivo da pena, vedando possíveis excessos que possam desnivelar a proporcionalidade entre sanção penal e o grau de reprovabilidade da conduta. Essa compreensão será fundamental para uma análise crítica da periculosidade.

Diferente da culpabilidade, de natureza retributiva, a periculosidade reside sobre um viés preventivo, de modo que sejam aplicadas medidas que possam evitar a prática de novos delitos pelo delinquente e afastá-lo da sociedade. Ao invés de penas de privativas de liberdade, os chamados loucos infratores serão submetidos às medidas de segurança, espécie de sanção penal, cuja finalidade se assenta na ideia de prevenção especial, promovendo a reabilitação do indivíduo e proteção do corpo social. Como se observa, a culpabilidade se baseia e existe para a aplicação de atos já praticados, ao tempo que a periculosidade se fundamenta na probabilidade de atos futuros (Zaffaroni; Pierangeli, 2015).

Feita a distinção entre ambos institutos, há uma importante questão que deve ser levantada: ora, ao compreender que a culpabilidade, de caráter retributivo, é fundamentada sobre o prisma democrático entre a proporcionalidade da sanção penal e do grau de reprovabilidade da conduta do agente, respondendo portanto o agente tão somente sobre aquilo que efetivamente praticou, como garantir a proteção do indivíduo perigoso diante de excessos que possam violar a dicotomia sanção-culpabilidade, haja vista que é sujeito a uma punição de algo que ainda não praticou? E a resposta é: não se garante. Isso porque a medida de segurança perdura enquanto persistir a periculosidade, permanecendo o indivíduo perigoso sujeito a uma avaliação médica subjetiva (parágrafo 1.º do art. 97/ CP).

Se a Constituição Federal dispõe que não há penas perpétuas (art. 5.º, XLVVI, b), muito menos se pode aceitar a existência de perdas perpétuas de direitos formalmente penais. A periculosidade de uma pessoa que tenha cometido um injusto ou causado um resultado lesivo a bens jurídicos pode não ser maior nem menor do que a de outra que o tenha causado, se a mesma depende de um padecimento penal. Não existe razão aparente para estabelecer que um azar leve a submissão de uma delas a um controle penal perpétuo, ou, possivelmente perpétuo, enquanto outra fica entregue às disposições do direito ou legislação psiquiátrica civil (Zaffaroni; Pierangeli, 2006, p. 765).

A questão já foi enfrentada pelo STF em julgamento de habeas corpus, determinando o limite máximo de 30 anos para o cumprimento da medida de segurança (HC 84.219-4-SP - 1.a T. - j. 16.08.2005 – rel. Min. Marco Aurélio – DJU 23.09.2005). No entanto, tal limite não parece razoável, uma vez que ainda possibilita impor ao delinquente louco um tratamento desproporcional e, nas palavras de Conde e Arán, propicia a legitimação de intervenções desmesuradas e carentes de limites (*apud* Costa, 2022, p. 231).

A decisão da Suprema Corte, conquanto importante e necessária para atenuar as consequências da periculosidade, se vê ainda insuficiente para a proteção da liberdade individual daqueles submetidos a medida de segurança. É necessário um debate mais

sério no que tange a proporcionalidade dos efeitos da referida sanção penal, além de reflexões que levem a pensar se a restrição da liberdade desses indivíduos seria realmente o caminho mais efetivo.

2.2 Autoritarismo e estigma

Compreender como a periculosidade reforça ideais autoritários e estigmatizantes, manifestando uma lógica de Direito Penal de autor (Costa, 2022), é significativo para a reflexão se tal instituto se mostra compatível com os valores do ordenamento pátrio. Para isso, cumpre elaborar a distinção entre Direito Penal do fato e Direito Penal de autor. O primeiro baseia-se na responsabilização penal do sujeito ativo exclusivamente pelo fato delituoso que praticou. É sobre o fato que recairá o juízo de culpabilidade avaliável no caso concreto. Leva-se em conta, desse modo, as ações objetivamente ilícitas, e não as características subjetivas do autor (Roxin, 1997). Quanto ao segundo, a lógica é inversa. O Direito Penal responsabilizará o indivíduo não somente pelo fato criminoso, mas por quem ele é ou representa. Ao contrário do Direito Penal do fato, dará enfoque às características pessoais do autor, modo de vida, perfil social, classe econômica etc.; utilizando o sistema penal como instrumento de controle social notadamente autoritário e repressivo.

Costa evidencia a aproximação concreta entre a periculosidade e o conceito de Direito Penal de autor ao observar que “de fato, serão as características do indivíduo, sobretudo o perigo representado por sua condição, que funcionarão como justificativa para aplicação da medida de segurança” (2022, p. 211). Com efeito, o que efetivamente ensejará na incidência da sanção penal legítima na esfera da liberdade do indivíduo não será exclusivamente o fato que praticou, tal qual a lógica pautada na culpabilidade, mas também as suas características biopsicológicas. Ainda, preceitua o autor que a reforma do Código Penal de 1984 ora mencionada, ao passo que “avançou ao afastar definitivamente a ideia de periculosidade como possível atributo dos imputáveis, ao mesmo tempo reduziu e identificou o “homem perigoso” com o doente mental” (2022, p. 213) sedimentando um obstáculo estigmatizante de alta profundidade.

Em linha semelhante, Foucault (2001) analisa a evolução dos sistemas punitivos, argumentando que a punição moderna se transformou de um espetáculo de poder sobre o corpo para um controle disciplinar da mente e da alma. Tal mudança é marcada pela substituição de suplícios físicos por técnicas de vigilância, exame e normalização, visando não apenas a punição, mas também a correção e a produção de indivíduos dóceis e úteis à sociedade. Foucault destaca como as instituições modernas, como escolas, fábricas e prisões, utilizam técnicas disciplinares para moldar o comportamento e a subjetividade das pessoas. A periculosidade seria, em tese, como um critério para identificar indivíduos que se desviam da norma e precisam ser submetidos a um controle mais rigoroso, a exemplo da medida de segurança. Ainda, aduz que:

Em todo o ritual penal, desde a informação até a sentença e as últimas consequências da pena, se permitiu a penetração de um campo de objetos que vêm duplicar, mas também dissociar os objetos juridicamente definidos e codificados. O laudo psiquiátrico, mas de maneira mais geral a antropologia criminal e o discurso repisante da criminologia encontram aí uma de suas funções precisas: introduzindo solenemente as infrações no campo dos objetos susceptíveis de um conhecimento científico, dar aos mecanismos da punição legal um poder justificável não mais simplesmente sobre as infrações, mas sobre os indivíduos; não mais sobre o que eles fizeram, mas sobre aquilo que eles são, serão, ou possam ser (Foucault, 2001, p.21).

O trecho se relaciona com a problemática em questão, pois destaca como o foco do sistema penal se deslocou das ações do indivíduo (o que ele fez) para sua própria identidade e potencial para futuras ações (o que ele é, será ou possa ser). Essa mudança de foco é central para a ideia de periculosidade, que busca prever e punir indivíduos com base em sua suposta propensão a cometer crimes, mesmo que ainda não tenham se concretizado no cenário fático. A crítica do autor é fundamental para encarar de forma crítica a subjetividade e potencial arbitrariedade dessa avaliação, que pode levar à punição de indivíduos com base em preconceitos e suposições, em vez de fatos. Ilustra-se como a lógica da periculosidade se conecta com a ideia de um Direito Penal do Autor, que punindo o indivíduo por aquilo que ele é, e não por aquilo que fez, abrindo espaço para a perpetuação de estigmas e violações de direitos fundamentais.

A sociedade brasileira conserva suas deficiências estruturais, propostas a serem combatidas diariamente pelo Direito. É possível perceber que parte significativa das problemáticas presentes no cenário brasileiro não são originárias de questões contemporâneas, mas de um processo pretérito na formação do ordenamento jurídico e que, quando estudado, exterioriza notável influência dos ideais criminológicos positivistas. Para tal percepção, não há que se limitar o alcance dos olhos somente o campo doutrinário ou puramente teórico, quando, de maneira empírica, conseguimos notar essas problemáticas nas manifestações coletivas do corpo social, seja caminhando pelas ruas ou assistindo aos noticiários. Isto pode ser explicado por duas ideias fundamentais, sendo estas, talvez, a maior herança do positivismo criminológico.

A primeira é a rígida posição da Escola Positiva no que tange à defesa da sociedade em face dos direitos individuais, tratando as condutas delinquentes como um fenômeno patológico, ao tempo que legitima a sociedade em promover seu isolamento especial, assim protegendo os cidadãos normais dos anormais. Já a segunda consiste na consequência estigmatizante decorrente da aplicação do ideal de periculosidade, o que acaba por corroborar a disseminação de discursos eugenistas e preconceituosos. Desde as elaborações teóricas racistas de Lombroso às defesas pela pena de morte de Garofalo, identifica-se uma manifestação cultural correspondente a estes valores na sociedade brasileira, como em casos recorrentes de linchamentos, discursos políticos sustentados em preceitos vingativos e no racismo estrutural que marginaliza grupos vulneráveis e minoritários da sociedade.

Para uma melhor compreensão dos fatores que direcionaram ao cenário problemático no Brasil, faz-se necessária uma abordagem histórica para o entendimento acerca da relação existente entre os sistemas de punição e as realidades históricas determinadas (Rolim, 2006).

Logo após o fim da Segunda Guerra Mundial, iniciou-se um progressivo e intenso processo de desenvolvimento no país, naturalmente provocando um movimento migratório da população das zonas rurais para a urbanas. Diz Eunice Ribeiro Durhan (1978, p. 145), “para o trabalhador rural, a migração se apresenta como uma tentativa de ‘melhorar de vida’, isto é, de restabelecer, em nível mais alto, o equilíbrio entre as necessidades socialmente definidas e a remuneração do trabalho”.

Essa mesma população migrante, diante de sua falta de qualificação e ausência de documentos necessários, acabou por se instalar em áreas marginalizadas, o que deu início a uma reação em cadeia de inúmeras problemáticas, que promoveram um papel influente no processo de marginalização dessas pessoas. Durhan (1978, p. 26) torna isso evidente quando aborda as condições de vida do migrante, marginalizado no processo produtivo e empregado como trabalhador não registrado e sem contar com nenhuma proteção legal.

Em frente à onda de modernização no cenário brasileiro, identificam-se o imigrante estrangeiro, o migrante rural e o negro como protagonistas da industrialização e urbanização acelerada, mas que, no entanto, seus padrões de vida não condiziam com o aparente progresso (Gonçalves, 2009).

Nesse contexto, emerge no pensamento jurídico a ideia de que os homens negros cometiam mais crimes que homens brancos por serem social e culturalmente inferiores, posto que, segundo Rolim (2007, p. 11) aquele cenário social era “propício para o aparecimento de pessoas com comportamentos antijurídicos e antissociais. O pressuposto era de que esses grupos marginais eram marcados por um alto índice de criminalidade, desorganização familiar e perturbações emocionais”.

Dessa forma, as influências positivistas acerca da periculosidade, que acabaram por influenciar no pensamento jurídico-penal no começo do século XX, provocaram a ascensão e manutenção de um sentimento receoso por parte do poder judiciário e da sociedade em face dos grupos marginalizados, justificado pelas condutas ou práticas sociais e culturais” destes (Gonçalves, 2009). Tais ideais e teorias que contribuem ao estigma e à discriminação ainda se fazem presentes na sociedade contemporânea, seja na política, nas conversas de botequim ou em lares familiares e, sobretudo, no Direito.

3. Periculosidade na legislação penal

Na atual legislação penal brasileira, a medida de segurança entende-se como a sanção imposta ao agente ativo no delito e que, decorrente de alguma doença mental ou desenvolvimento mental incompleto, é considerado incapaz (ou relativamente incapaz) de compreender o caráter ilícito do fato. Entretanto, somente o atributo patológico do infrator não é suficiente para autorizar a aplicação de tal medida, sendo necessário a comprovação de sua periculosidade. Após o tratamento de todas as questões até aqui abordadas, a problemática em torno dessa configuração de medida de segurança fica mais que perceptível, o que torna necessário uma construção crítica no que se refere a este instituto penal (Lebre, 2013).

A presunção abstrata e controvérsia de possível inclinação de um indivíduo à prática de um injusto penal, unicamente por questão relacionada a sua enfermidade mental, por si só, deveria ser suficiente para desmontar a sustentação da periculosidade como requisito de implementação da medida de segurança. Não apenas por isso, mas pela notória contrariedade do que se espera em um Estado Democrático de Direito (Lebre, 2013). Para que seja aplicada, devem ser preenchidos seus requisitos legais, sendo estes: a prática de um injusto penal; a comprovação de inimizabilidade ou semi-inimizabilidade por doença mental ou desenvolvimento mental incompleto; e a periculosidade do agente. É justamente o fato de a periculosidade ser uma característica exclusiva atribuída especificamente ao louco que a torna tão problemática.

A mera ideia de a periculosidade fundar-se na premissa que somente os doentes mentais devem submeter-se a um olhar de temibilidade, tratando o crime como um privilégio dos “anormais” e, assim, justificando uma medida que o afaste da sociedade é, no mínimo, indevida. No fim das contas, torna-se possível compreender a periculosidade como um meio de controle social do indesejado, posto que se disfarça sobre o pretexto de configurar-se como uma medida de defesa social, legitimando-se a investida preventiva contra grupos historicamente marginalizados (Lebre, 2013). Esse cenário evidencia como a noção de periculosidade, longe de constituir um instrumento neutro, opera como mecanismo de reforço de desigualdades e de legitimação de práticas estatais seletivas, revelando sua profunda incompatibilidade com os princípios de um Estado Democrático de Direito.

Conclusão

O presente trabalho buscou analisar o instituto da periculosidade no Direito Penal brasileiro, examinando sua evolução histórica e teórica, desde suas raízes na Escola Positivista do Direito Penal até sua aplicação contemporânea. O estudo evidenciou como a lógica da periculosidade, ao se basear na previsão de atos futuros e na suposta propensão ao crime, se distancia do ideal de um Direito Penal do fato, abrindo espaço para um Direito Penal do autor, que pune o indivíduo por aquilo que ele é ou representa, e não necessariamente pelo que fez. Demonstrou-se como essa lógica pode levar à estigmatização e à discriminação, especialmente de pessoas com transtornos mentais, que muitas vezes são consideradas perigosas simplesmente por sua condição, levando-as à marginalização e as deixando à margem da sociedade. Além disso, o trabalho problematizou a arbitrariedade e a subjetividade na avaliação da periculosidade, que pode resultar em medidas de segurança desproporcionais e em um controle social disfarçado sob o pretexto da defesa social. Procurou-se explorar as implicações da periculosidade no contexto social brasileiro, evidenciando como fatores históricos e sociais, como o racismo estrutural e a desigualdade, influenciaram e continuam a influenciar a sua incidência no contexto jurídico.

Diante das problemáticas apontadas, o trabalho defende a urgente necessidade de um debate crítico e aprofundado acerca do instituto da periculosidade no Direito Penal brasileiro, buscando alternativas que garantam a proteção da sociedade sem comprometer os direitos e a dignidade dos indivíduos, especialmente daqueles com transtornos mentais. Com efeito, é fundamental repensar a lógica da periculosidade à luz dos princípios de um Estado Democrático de Direito, buscando um sistema penal mais justo, humano e inclusivo.

Portanto, acredita-se que essa lógica perversa e discriminatória, que não apenas estigmatiza determinados grupos na sociedade, mas legitima a atuação autoritária do aparato estatal, assim como corrobora à manutenção de um senso comum danoso e oposto à dignidade humana, remonta a teorias inadequadas para o tempo em que vivemos e para o futuro que pretendemos viver.

REFERÊNCIAS

- BITENCOURT, Cezar Roberto. **Tratado de direito penal**. v. 1. 29. ed. São Paulo: Saraiva Jur, 2023.
- CAETANO, Haroldo. *Direito penal perigoso ou, afinal, perigoso é mesmo o louco?* Boletim IBCCrim 294, 2017.
- FERRAJOLI, Luigi. **Direito e razão: teoria do garantismo penal**. São Paulo: RT, 2006.
- FOUCAULT, Michel. **Vigiar e punir: nascimento da prisão**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- GONÇALVES, Patrícia. **Presunção de periculosidade no pensamento jurídico-penal brasileiro de meados do século XX**. 2009.
- HUNGRIA, Nelson. *A criminalidade dos homens de cor no Brasil*. **Revista Forense** 134, 1951.
- LEBRE, Marcelo. *Medidas de segurança e periculosidade criminal: medo de quem?* **Responsabilidades** 2(2), 2013, p. 273-282.
- MACEDO, Ana Cláudia. **Causas da delinquência: uma análise da Escola Positiva do Direito Penal**. Disponível em: <https://inverbis.com.br/wp-content/uploads/2020/02/>

01-CAUSAS-DA DELINQUENCIA-UMA-ANALISE-DA-ESCOLA-POSITIVA-DO-DIREITO-PENAL.pdf.

MECLER, Kátia. *Periculosidade: evolução e aplicação do conceito*. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano** 20(1), 2010.

ROLIM, Rivail Carvalho. *Culpabilização da pobreza no pensamento jurídico-penal brasileiro em meados do século XX*. In: KOERNER, Andrei (org.). **História da justiça penal no Brasil: pesquisas e análises**. São Paulo: IBCCRIM, 2006.

ROXIN, Claus. **Estudos de direito penal**. Rio de Janeiro: Renovar, 2006.

SANTOS, Bartira Macedo de Miranda. **As ideias de defesa social no sistema penal brasileiro: entre o garantismo e a repressão (de 1890 a 1940)**. 2010. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, Bartira Macedo de Miranda. **Lombroso no direito penal: o destino d'O homem delinquente e os perigos de uma ciência sem consciência**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=ea6b2efbdd4255a9>.

PERES, Maria Fernanda Tourinho; NERY FILHO, Antônio. *A doença mental no direito penal brasileiro: inimputabilidade, irresponsabilidade, periculosidade e medida de segurança*. **Hist. cienc. saúde** 9(2), 2002 <https://doi.org/10.1590/S0104-59702002000200006>

ZAFFARONI, Eugênio Raúl. **O inimigo no direito penal**. Rio de Janeiro: Revan, 2007.

ZAFFARONI, Eugênio Raúl; PIERANGELI, José Henrique. **Manual de direito penal brasileiro: parte geral**. 11. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

A DIALÉTICA DA INCONCLUSÃO: A DIMENSÃO JURÍDICO-POLÍTICA DA FORMAÇÃO CIDADÃ NO BRASIL ENTRE O ARCAÍSMO E A MODERNIDADE^[1]

Júlia Bahri^[2]

Getúlio Nascimento Braga Júnior^[3]

Resumo

A presente pesquisa, desenvolvida ao longo de doze meses, dedicou-se a aprofundar a compreensão crítica e hermenêutica da relação intrínseca entre cidadania e Estado de Direito no Brasil. Evitando tratar a cidadania como uma condição estática ou um mero status jurídico outorgado, o estudo abordou-a como um processo dinâmico, histórico e em permanente tensão dialética. Partindo da premissa de que a cidadania se constitui através de um complexo amálgama de elementos históricos, filosóficos, políticos e culturais, a investigação perscrutou como tais fatores impactam e se projetam nas relações jurídicas contemporâneas, permeando desde a esfera privada até a ordem pública institucional. Mediante metodologia qualitativa, alicerçada em revisão bibliográfica exaustiva e análise documental crítica, a pesquisa estabeleceu um diálogo profícuo com referenciais teóricos seminais, notadamente, José Murilo de Carvalho, Simone Goyard-Fabre e Norberto Bobbio. O objetivo primaz foi mapear as consolidações institucionais, bem como as fragilidades endêmicas e as potencialidades latentes na formação da cidadania brasileira. Os resultados obtidos evidenciam um descompasso estrutural e persistente entre a cidadania formal — normativamente impecável no arcabouço da Constituição de 1988 — e a cidadania material, vivenciada sob o signo da precariedade. Concluiu-se que vetores como a descontinuidade da memória cívica, a crise aguda de representatividade política e a instrumentalização do Direito por elites econômicas e políticas ofuscam e retardam o pleno exercício cidadão, exigindo uma repactuação das articulações entre justiça, democracia e educação cívica.

Palavras-chave

Cidadania. Estado Democrático de Direito. Cultura Política. Direitos Fundamentais. Teoria Política.

[1] Este artigo é resultado da pesquisa desenvolvida sob a orientação do Professor Getúlio Nascimento Braga Júnior no Programa de Iniciação Científica Voluntária do Ibmec-RJ entre 2024 e 2025.

[2] Graduanda em Direito no Ibmec-RJ e membra do Grupo de Pesquisa Sociedade Civil e Estado de Direito: mutações e Desenvolvimento (DGP/CNPq-IBMEC). www.socedir.com.br.

[3] Doutor em Filosofia pelo PPGF/UFRJ. Bacharel em Direito pela UGF. Integrou, como orientador, o Programa de Iniciação Científica Voluntária IBMEC-RJ ciclo 2024-2025. Professor de Filosofia do Direito, Teoria do Estado e Ciência Política do IBMEC-RJ. Pesquisador do Programa Pesquisa e Produtividade da Universidade Estácio de Sá. Líder do Grupo de Pesquisa Sociedade Civil e Estado de Direito: mutações e Desenvolvimento (DGP/CNPq-IBMEC). <http://lattes.cnpq.br/3145824203642705>, www.socedir.com.br.

1. O labirinto da cidadania brasileira: contextualização e problematização

A sociedade brasileira contemporânea encontra-se imersa em um ciclo paradoxal de desenvolvimento e retrocesso, marcado por tensões institucionais que desafiam a lógica linear do progresso democrático. Anseios coletivos por justiça social, estabilidade econômica e consolidação institucional colidem, diuturnamente, com uma realidade fática caracterizada pela polarização política extrema, pela desigualdade estrutural abissal e por uma fragilidade democrática que parece resistir ao tempo. Este cenário, longe de configurar uma anomalia passageira ou uma crise conjuntural, reflete um processo histórico complexo, sinuoso e contraditório de construção do Estado e da própria ideia de nação no trópico.

A sensação de instabilidade permanente e a dificuldade hercúlea em consolidar um projeto nacional coeso e inclusivo podem ser atribuídas a uma multiplicidade de fatores. Dentre eles, destaca-se como objeto desta análise uma formação cidadã lacunar, fragmentada e insuficiente. A presente pesquisa partiu do pressuposto fundamental de que a fragilidade percebida na esfera pública brasileira é, em larga medida, decorrência da ausência de um conhecimento aprofundado — não apenas do conteúdo cívico ou da letra fria da lei, mas da própria dinâmica das instituições e dos processos históricos de longa duração que as moldaram.

O conceito de cidadania no Brasil opera em um movimento pendular: oscila entre um ideal abstrato, generosamente inscrito na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 — a “Constituição Cidadã” —, e uma *praxis* cotidiana marcada por exclusões sistemáticas e por um acesso hierarquizado aos direitos fundamentais. A compreensão do termo “nação”, que deveria envolver laços de solidariedade, memória compartilhada e imaterialidades que se projetam na vida do povo, encontra obstáculos intransponíveis em um país de dimensões continentais e clivagens sociais profundas. A ausência de uma cultura cívica robusta, que transcenda a formalidade periódica do sufrágio, e a inexistência de uma pedagogia política eficaz que traduza os complexos mecanismos do Estado de Direito para o cidadão comum, criam um vácuo de legitimidade. Este espaço vazio é, não raro, ocupado por discursos simplistas, pelo messianismo político e por uma desconfiança corrosiva nas instituições republicanas.

Neste contexto de incertezas, a dimensão jurídica assume um papel central e, por vezes, desproporcional. O Direito, idealmente o principal instrumento de mediação racional de conflitos e garantia da vontade coletiva, é frequentemente percebido pela população como uma esfera distante, hermética, burocratizada e, em casos mais graves, como um instrumento de dominação a serviço de interesses particulares. Fenômenos como a judicialização da política e a politização da justiça não são meras disfunções técnicas, mas sintomas de uma dificuldade profunda de diálogo e de construção de consensos na esfera política propriamente dita.

1.1 Legitimidade: crise e desafios à manutenção

Diante do quadro de crise de legitimidade exposto, esta pesquisa justificou-se pela necessidade premente de investigar os pontos de convergência e ruptura que marcam a formação cidadã no Brasil, com foco específico na sua interlocução com as esferas jurídica e política. Compreender como a legitimidade do poder é construída, exercida e contestada — seja no ato da representação, na formulação legislativa ou na decisão judicial — é uma tarefa de inegável relevância para as Ciências Sociais e Jurídicas.

O objeto delimitado para esta investigação foi a análise da dimensão jurídico-política da formação cidadã. Isso implicou investigar para além do texto legal; buscou-se entender a “pedagogia” inerente ao ato político e jurídico. A preocupação central residiu na tese de que o amadurecimento da formação jurídico-política do cidadão é o principal vetor para um trato mais apurado da relação entre os anseios da sociedade civil e a resposta do Estado.

1.2 Os elementos entrelaçados da formação cidadã

A investigação foi norteada pela seguinte questão: *Quais são os principais elementos históricos, filosóficos e institucionais que constituem os obstáculos e as potencialidades para a consolidação de uma cidadania plena e ativa no Brasil?*

A hipótese de trabalho sustentada ao longo dos doze meses de pesquisa foi a de que a formação cidadã no Brasil é marcada por um *descompasso estrutural* entre um arcabouço jurídico-formal avançado – o país legal – e uma prática político-cultural que perpetua relações de tutela, clientelismo e patrimonialismo (o país real). Esse descompasso gera uma “cidadania de baixa intensidade”, onde o sujeito de direitos é frequentemente reduzido à condição de solicitante de favores estatais.

2. A polissemia da cidadania

O ponto de partida conceitual foi o reconhecimento da complexidade do termo *cidadania*. Longe de ser um conceito unívoco, a cidadania foi compreendida em sua evolução histórica. A referência clássica de T.H. Marshall em *Cidadania e Classe Social* foi utilizada de forma crítica. Marshall postula uma evolução cronológica trina: Direitos Civis (século XVIII), Direitos Políticos (século XIX) e Direitos Sociais (século XX).

Contudo, a transposição automática desse modelo para a realidade periférica e latino-americana mostra-se insuficiente. A pesquisa incorporou, portanto, críticas e expansões do conceito, dialogando com a ideia de “cidadania ativa” de Maria Victoria Benevides, que exige a superação da passividade delegativa em favor de mecanismos de participação direta e controle social.

2.1 A “Estadania” e a Inversão Brasileira em José Murilo de Carvalho

A obra *Cidadania no Brasil: o longo caminho*, do historiador José Murilo de Carvalho, constituiu o pilar analítico central. Carvalho oferece um diagnóstico preciso: no Brasil, a pirâmide de direitos foi invertida. Diferentemente da Inglaterra, onde as liberdades civis forjaram a base para a luta política e, posteriormente, para a conquista social, no Brasil, a ênfase inicial recaiu sobre os direitos sociais.

Estes direitos sociais, contudo, não foram conquistados “de baixo para cima”, mas concedidos “de cima para baixo” em períodos autoritários, notadamente durante o Estado Novo de Vargas. Essa concessão estratégica criou o que Carvalho denomina de “estadania” em oposição à cidadania plena: o indivíduo é reconhecido enquanto trabalhador tutelado pelo Estado, e não enquanto cidadão autônomo portador de direitos universais. A fragilidade histórica dos direitos civis (garantias individuais, devido processo legal, integridade física) permanece como o “calcanhar de Aquiles” da democracia brasileira, gerando uma descrença no império da lei.

2.2 As Bases Filosóficas da Modernidade em Simone Goyard-Fabre

Para sustentar a análise jurídico-filosófica, recorreu-se à obra *Princípios Filosóficos do Direito Político Moderno*, de Simone Goyard-Fabre. A autora francesa foi fundamental para compreender a transição epistêmica e política do conceito de súdito para o de cidadão.

Goyard-Fabre dissecou a crise da soberania e a necessidade moderna de legitimar o poder não mais na tradição ou na teologia, mas na Razão e no Consentimento. A análise permitiu contrastar o ideal de “autonomia da vontade” kantiana — onde o cidadão obedece à lei que ele mesmo prescreve — com a heteronomia da realidade brasileira, onde a lei é frequentemente vista como uma imposição externa e arbitrária. A autora demonstra que, na modernidade, o Direito deve ser a condição de possibilidade da liberdade, e não sua antítese; um ideal que, no Brasil, ainda luta para se concretizar diante da seletividade penal e processual.

2.3 O Realismo Político de Norberto Bobbio

Por fim, o pensamento do filósofo italiano Norberto Bobbio forneceu as ferramentas para a análise das estruturas de poder. Em *Estado, Governo e Sociedade* e *A Era dos Direitos*, Bobbio oferece a distinção crucial entre o Estado (monopólio da força), o Mercado (trocas econômicas) e a Sociedade Civil (espaço de opinião e formação de consenso).

A leitura de Bobbio permitiu interpretar a crise brasileira sob a ótica das “promessas não cumpridas” da democracia: a persistência das oligarquias, a falta de educação para a cidadania e a opacidade do poder invisível. Além disso, sua obra *Direito e Poder* foi essencial para desmistificar a neutralidade do ordenamento jurídico, entendendo-o como um sistema que tanto limita quanto legitima o exercício do poder político.

3. Por uma metodologia do percurso investigativo da cidadania: abordagem, fontes e hermenêutica

A complexidade do objeto de estudo exigiu uma abordagem metodológica que transcendesse a mera descrição, alcançando um nível analítico-interpretativo capaz de dar conta das contradições inerentes à formação social brasileira. Assim, a Abordagem Qualitativa e Hermenêutica apresentou-se compatível com as propostas da investigação.

Com efeito, a pesquisa adotou uma abordagem eminentemente qualitativa. O enfoque qualitativo mostrou-se imperativo, pois o objetivo não era mensurar estatisticamente a frequência de fenômenos, mas compreender em profundidade os significados (semântica), as lógicas de poder e as dinâmicas subjacentes à cultura política nacional. Buscou-se uma hermenêutica crítica das fontes, desvelando as ideologias permeadas nos discursos legais e institucionais.

A complexidade inerente ao objeto de estudo — a formação cidadã em sua interface jurídico-política — exigiu a adoção de uma arquitetura metodológica que transcendesse a descrição linear dos fenômenos, buscando alcançar uma compreensão analítico-interpretativa das contradições que permeiam a sociedade brasileira. A natureza do problema de pesquisa, situado na tensão entre a validade normativa (o dever-ser constitucional) e a eficácia social (a realidade fática), demandou uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e crítico.

Optou-se pelo enfoque qualitativo por compreender que a cidadania não é uma variável quantificável ou estática, mas um construto histórico e cultural, carregado de subjetividade.

des e disputas de sentido. Neste diapasão, a investigação rejeitou o positivismo estrito, que se limitaria à análise dogmática da lei, em favor de uma postura hermenêutica, capaz de interpretar os textos legais e políticos dentro de seus contextos de produção e recepção.

Como método de procedimento, a pesquisa guiou-se pela lógica dialética. Esta escolha justifica-se pela própria hipótese de trabalho, que identifica um conflito estrutural entre a modernidade das leis (tese) e o arcaísmo das práticas sociais (antítese), resultando em uma cidadania incompleta e conflituosa (síntese provisória). A dialética permitiu, portanto, não apenas catalogar as leis e os problemas sociais, mas investigar a dinâmica de confronto e acomodação entre essas duas esferas. O percurso investigativo estruturou-se sobre um tripé de fontes de informação, submetidas à técnica da triangulação de dados: A Reflexão Interdisciplinar entre literatura geral e jurídica, Estudo Documental e Constitucional e o Tratamento dos Dados.

A reflexão interdisciplinar de literatura constituiu a primeira etapa no levantamento e na leitura crítica de um referencial teórico robusto, operando na interseção entre a Ciência Política, a História e a Filosofia do Direito. Não se tratou de uma mera compilação de citações, mas de um diálogo forçado entre autores. A historiografia de José Murilo de Carvalho forneceu o lastro factual sobre a inversão da pirâmide de direitos; a filosofia de Simone Goyard-Fabre ofereceu os critérios de legitimidade do Estado Moderno; e a teoria política de Norberto Bobbio disponibilizou as categorias analíticas para compreender a relação entre poder e direito.

Estudo Documental e Constitucional correspondeu a segunda fonte de dados, enquanto ordenamento jurídico pátrio. Realizou-se uma exegese dos dispositivos da Constituição Federal de 1988, focando não na técnica legislativa, mas no caráter dirigente e programático do texto. Buscou-se identificar, no preâmbulo e no rol dos direitos fundamentais, o projeto de país desenhado pelo constituinte originário, utilizando-o como “tipo ideal” weberiano para contrastar com a realidade.

O tratamento dos dados, por fim, seguiu os preceitos da análise de conteúdo, buscando extrair dos textos não apenas o seu sentido manifesto, mas também o latente — as ideologias, as omissões e as contradições discursivas. A sistematização das informações ocorreu ao longo de doze meses, permitindo o amadurecimento das reflexões e a correção de rotas investigativas, garantindo que as conclusões apresentadas não fossem fruto de impressões superficiais, mas de um rigoroso cruzamento entre a doutrina, a norma e a vida social.

4. A cidadania entre a lei e o fato

A análise aprofundada revelou quatro eixos temáticos principais que procuram compreender a tensão na formação cidadã brasileira. A investigação sobre a formação cidadã no Brasil esbarra, inevitavelmente, em uma aporia estrutural que define a nossa modernidade periférica: o abismo persistente entre a sofisticação do ordenamento jurídico e a brutalidade da vida fática. O resultado mais contundente e transversal desta pesquisa é a confirmação de que a cidadania brasileira opera sob uma lógica de descompasso, onde a validade normativa do texto constitucional não encontra correspondência imediata na eficácia social, gerando uma espécie de “esquizofrenia institucional”.

O Brasil ostenta o que se pode denominar de uma modernidade de fachada. Juridicamente, o país alinha-se às mais avançadas democracias ocidentais. A Constituição Federal de 1988, celebrada como a “Constituição Cidadã”, instituiu um Estado Democrático de Direito pautado na dignidade da pessoa humana, na redução das desigualdades e na universalidade dos direitos. No plano do *dever-ser* (Sollen), a cidadania brasileira é plena, inclusiva e garantista. No entanto, ao deslocarmos o olhar para o plano do *ser* (Sein), a

realidade social revela a persistência de estruturas arcaicas de dominação, exclusão e violência que parecem imunes à força normativa da Constituição.

Este fenômeno não é mero acidente de percurso, mas um traço constitutivo da nossa história política. A pesquisa aponta que a tensão entre a “Lei” e o “Fato” no Brasil reatualiza o dilema apontado por teóricos clássicos sobre a força das constituições. Se, por um lado, temos um documento jurídico com pretensão de força ativa — na esteira da *Força Normativa* defendida por Konrad Hesse —, por outro, a realidade das relações de poder, muitas vezes, reduz o texto magno ao que Ferdinand Lassalle, em sua visão sociológica, chamaria de uma “mera folha de papel”, incapaz de conter os “fatores reais de poder” (o capital, as oligarquias, a força militar).

No âmbito dos Direitos Civis, a isonomia — pedra angular do Estado de Direito analisada por Goyard-Fabre — revela-se uma ficção jurídica para vastos contingentes populacionais. A premissa de que “todos são iguais perante a lei” é diariamente desmentida pela seletividade do sistema punitivo e pela distribuição desigual de segurança pública. A pesquisa evidencia que a integridade física, a inviolabilidade do domicílio e o devido processo legal são bens distribuídos de forma censitária e geográfica. Nas periferias dos grandes centros urbanos, o Estado comparece frequentemente não como garantidor de direitos, mas como agente de violação, operando sob uma lógica de exceção permanente. Confirma-se, assim, a trágica atualidade da tese de José Murilo de Carvalho em um país onde a pirâmide da cidadania foi invertida, com a concessão tutelada de direitos sociais precedendo a conquista de direitos civis, criou-se uma democracia sem democratas, onde o respeito à lei é suplantado pela lógica do favor, da influência ou da força bruta.

Essa discrepância gera uma corrosão profunda na cultura cívica. O cidadão comum percebe a lei não como um instrumento de proteção universal, mas como um obstáculo a ser contornado (pelo “jeitinho”) ou como uma arma utilizada seletivamente pelos poderosos. Cria-se a categoria tipicamente brasileira das “leis que pegam” e das “leis que não pegam”, um absurdo jurídico sob a ótica do positivismo kelseniano, mas uma verdade incontestável sob a ótica da sociologia jurídica nacional. Quando a eficácia da norma depende da “aderência social” ou da vontade política de aplicá-la, rompe-se o princípio da impessoalidade, e a cidadania deixa de ser um estatuto jurídico para se tornar um objeto de negociação.

Ademais, a tensão entre Lei e Fato manifesta-se na naturalização da desigualdade. A Constituição proíbe discriminações e privilegia a função social da propriedade, mas a estrutura fundiária e tributária do país permanece concentradora. O Direito, neste cenário, assume uma função ambivalente: ora serve como trincheira de resistência para minorias que buscam a efetivação de promessas constitucionais (via judicialização), ora serve como instrumento de conservação do *status quo*, através de um formalismo processual que blinda elites e perpetua a impunidade.

A análise teórica de Norberto Bobbio sobre as “promessas não cumpridas da democracia” encontra no Brasil um laboratório exemplar. A opacidade do poder invisível (o crime organizado, as milícias, os lobbies corporativos não regulados) desafia a transparência exigida pelo Estado de Direito. O cidadão vê-se preso em um labirinto onde a cidadania formal lhe garante o direito de votar e ser votado, o acesso à saúde e à educação, mas a cidadania material lhe entrega filas nos hospitais, escolas precárias e um sistema político impermeável às suas demandas reais.

Portanto, o “fato” brasileiro é a persistência do patrimonialismo e do personalismo, que resistem à impessoalidade da “lei” moderna. Enquanto a lei pressupõe indivíduos abstratos e iguais, a realidade social brasileira opera com pessoas concretas, divididas entre

“amigos” (que merecem favores) e “inimigos” (que merecem os rigores da lei). Esse dualismo ético impede a consolidação de uma esfera pública verdadeiramente republicana.

Conclui-se, nesta etapa da análise, que o descompasso não é apenas uma falha de implementação, mas um projeto de poder. A manutenção de uma legislação avançada serve, muitas vezes, para conferir legitimidade internacional e apaziguar tensões sociais, criando uma ilusão de modernidade, enquanto, na prática, as engrenagens de reprodução da desigualdade continuam a girar intactas. A cidadania brasileira vive, assim, suspensa entre a promessa emancipatória de 1988 e a gravidade opressiva de um passado colonial que teima em não passar. Superar esse hiato exige mais do que reformas legislativas; exige uma transformação na própria ontologia das relações sociais no país, substituindo a cultura do privilégio pela cultura do direito.

4.1 A Cidadania Descompassada: O Abismo entre Formalismo e Materialidade

O resultado mais contundente da investigação é a validação da hipótese do descompasso. O Brasil possui uma “superestrutura” jurídica de Primeiro Mundo, simbolizada pela Constituição de 1988, que garante, no papel, desde a dignidade da pessoa humana até a proteção ambiental e os direitos do consumidor. No entanto, a “infraestrutura” social e a prática institucional operam em uma lógica arcaica.

No plano dos Direitos Civis, a isonomia é uma ficção para grandes contingentes populacionais. A violência policial letal nas periferias e a morosidade seletiva do Judiciário demonstram que a cidadania civil ainda depende de classe, cor e CEP. A máxima popular “aos amigos, tudo; aos inimigos, a lei” continua a reger as relações sociais, corroendo a confiança na impessoalidade do Estado.

4.2 A Constituição de 1988: Promessa, Dirigismo e Judicialização

A Constituição de 1988 não é apenas uma carta de direitos; é um projeto de país. Ela possui um caráter “dirigente”, nos termos de J.J. Gomes Canotilho, estabelecendo metas para o Estado (erradicar a pobreza, reduzir desigualdades). Contudo, a pesquisa indicou que a incapacidade do sistema político Legislativo e Executivo em concretizar essas metas gerou o fenômeno da judicialização da política.

O cidadão, descrente do voto como instrumento de mudança, recorre ao Judiciário para obter o remédio, a vaga na creche ou o benefício previdenciário. Isso transforma o juiz em um gestor público não eleito. Se por um lado isso garante direitos individuais imediatos, por outro, enfraquece a política como espaço de deliberação coletiva e transfere para a tecnocracia jurídica decisões que deveriam ser nascidas do debate público, conforme alerta a teoria de Bobbio sobre os limites da função jurisdicional.

4.3 A Crise de Representatividade e a Pedagogia Negativa

A dimensão política revelou-se a mais fraturada. Há uma desconexão quase total entre representantes e representados. O sistema partidário fragmentado e o financiamento de campanhas (mesmo com as mudanças recentes) criam uma casta política que se reproduz autonomamente.

Isso gera uma “pedagogia negativa”: o cidadão aprende, pela observação empírica, que a política é o lugar da corrupção e do privilégio, e não da virtude cívica. O resultado é a apatia (o “não me envolvo em política”) ou a antipolítica (o desejo de destruir as institui-

ções). Faltam mecanismos eficazes de *accountability* vertical que permitam ao cidadão controlar o mandato entre as eleições.

4.4 O Déficit Educacional e Cultural

Por fim, a pesquisa conectou as falhas institucionais ao déficit na base educacional. A formação cidadã nas escolas é tecnicista e insuficiente. Não se ensina a Constituição, não se discute o funcionamento do Estado e não se fomenta o debate contraditório respeitoso.

Além disso, a pesquisa apontou a relevância da educação financeira e fiscal como componente da cidadania moderna. Um cidadão que não compreende o orçamento público, a carga tributária e a origem dos recursos estatais é um cidadão incapaz de fiscalizar o governo. A ignorância sobre os mecanismos econômicos do Estado facilita a manipulação por discursos populistas que prometem soluções mágicas sem lastro orçamentário.

5. Conclusão

A investigação de doze meses sobre a dimensão jurídico-política da formação cidadã no Brasil permite concluir que estamos diante de um processo de construção inconclusa. A cidadania brasileira não é um dado, mas uma tarefa pendente.

Conclui-se que a inversão histórica apontada por Carvalho — a primazia do social outorgado sobre o civil e o político — gerou uma cultura de passividade que ainda hoje, décadas após a redemocratização, cobra seu preço. O Estado é visto como um “pai” provedor ou como um algoz punitivo, raramente como uma construção coletiva dos próprios cidadãos.

A judicialização excessiva, embora necessária em momentos de omissão estatal, não pode substituir a política. A democracia exige que os conflitos distributivos sejam resolvidos na arena pública, pelo debate e pelo voto, e não apenas por sentenças judiciais. Para que a cidadania deixe de ser apenas formal e se torne material, é imperativo investir na “reconstrução da República” no sentido etimológico: a coisa pública deve ser apropriada pelo cidadão.

Isso exige uma reforma que não é apenas legal, mas cultural e pedagógica. É preciso resgatar a memória histórica para não repetir os erros do autoritarismo; é preciso inserir a Constituição no cotidiano das escolas; e é preciso, acima de tudo, que as elites políticas e jurídicas rompam com o pacto patrimonialista que privatiza o Estado. Sem isso, o Brasil continuará a ser o país do futuro que nunca chega, preso na armadilha de uma cidadania pela metade.

REFERÊNCIAS

ABRANCHES, Sérgio Henrique. **Presidencialismo de coalizão: raízes e evolução do modelo político brasileiro**. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

ARENDT, Hannah. **As origens do totalitarismo**. Tradução Roberto Raposo. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

AVRITZER, Leonardo. **O pêndulo da democracia**. São Paulo: Todavia, 2019.

BARROSO, Luís Roberto. **O novo direito constitucional brasileiro: contribuições para a construção teórica e prática da jurisdição constitucional no Brasil**. Belo Horizonte: Fórum, 2012.

BENEVIDES, Maria Victoria de Mesquita. **Cidadania ativa: referendo, plebiscito e iniciativa popular**. 3. ed. São Paulo: Ática, 1998.

BOBBIO, Norberto. **A Era dos Direitos**. Nova ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

- BOBBIO, Norberto. **Direita e Esquerda: razões e significados de uma distinção política.** Tradução Marco Aurélio Nogueira. 3. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2011.
- BOBBIO, Norberto. **Direito e Poder.** Tradução Nilson Moulin. São Paulo: Editora Unesp, 2008.
- BOBBIO, Norberto. **Estado, Governo e Sociedade: Para uma Teoria Geral da Política.** Tradução Marco Aurélio Nogueira. São Paulo: Paz e Terra, 2018.
- BOBBIO, Norberto. **O futuro da democracia.** Tradução Marco Aurélio Nogueira. São Paulo: Paz e Terra, 1986.
- BOBBIO, Norberto. **O Positivismo jurídico: Lições de filosofia do direito.** Compilação Nello Morra; Tradução e notas Márcio Pugliesi, Edson Bini, Carlos Rodrigues. São Paulo: Ícone, 2006.
- BONAVIDES, Paulo. **Curso de direito constitucional.** 30. ed. São Paulo: Malheiros, 2015.
- BOURDIEU, Pierre. **O poder simbólico.** Tradução Fernando Tomaz. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- CANOTILHO, José Joaquim Gomes. **Direito constitucional e teoria da constituição.** 7. ed. Coimbra: Almedina, 2003.
- CARVALHO, José Murilo de. **Cidadania no Brasil: o longo caminho.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2001.
- CARVALHO, José Murilo de. **Os bestializados: o Rio de Janeiro e a República que não foi.** São Paulo: Companhia das Letras, 1987.
- CHAUÍ, Marilena. **Convite à filosofia.** 14. ed. São Paulo: Ática, 2010.
- COMPARATO, Fábio Konder. **A afirmação histórica dos direitos humanos.** 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- DA MATTA, Roberto. **Carnavais, malandros e heróis: para uma sociologia do dilema brasileiro.** Rio de Janeiro: Rocco, 1997.
- DWORKIN, Ronald. **Levando os direitos a sério.** Tradução Nelson Boeira. São Paulo: Martins Fontes, 2002.
- FAORO, Raymundo. **Os donos do poder: formação do patronato político brasileiro.** 5. ed. São Paulo: Globo, 2012.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GOYARD-FABRE, Simone. **Princípios Filosóficos do Direito Político Moderno.** Tradução Irene A. Paternot. São Paulo: Martins Fontes, 2021.
- HABERMAS, Jürgen. **Direito e democracia: entre facticidade e validade.** Tradução Flávio Beno Siebeneichler. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1997. v. 1.
- HESSE, Konrad. **A força normativa da Constituição.** Tradução Gilmar Ferreira Mendes. Porto Alegre: Sérgio Antonio Fabris, 1991.
- HOLANDA, Sérgio Buarque de. **Raízes do Brasil.** 26. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.
- KELSEN, Hans. **Teoria pura do direito.** Tradução João Baptista Machado. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- LASSALLE, Ferdinand. **A essência da constituição.** 4. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 1998.
- MARSHALL, T. H. **Cidadania e Classe Social.** In: MARSHALL, T. H. **Cidadania, classe social e status.** Rio de Janeiro: Zahar, 1967.

- MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de direito constitucional**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
- NOBRE, Marcos. **Imobilismo em movimento: da abertura democrática ao governo Dilma**. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.
- RAWLS, John. **Uma teoria da justiça**. Tradução Almiro Pisetta e Lenita M. R. Esteves. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- SANTOS, Boaventura de Sousa (Org.). **Dimensões Políticas da Justiça**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2012.
- SANTOS, Boaventura de Sousa. **Pela mão de Alice: o social e o político na pós-modernidade**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2013.
- SANTOS, Milton. **O espaço do cidadão**. 7. ed. São Paulo: Edusp, 2007.
- SCHWARCZ, Lília Moritz. **Sobre o autoritarismo brasileiro**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.
- SILVA, José Afonso da. **Curso de direito constitucional positivo**. 37. ed. São Paulo: Malheiros, 2014.
- SOUZA, Jessé. **A elite do atraso: da escravidão à Lava Jato**. Rio de Janeiro: Leya, 2017.
- STRECK, Lenio Luiz. **Hermenêutica jurídica e(m) crise: uma exploração hermenêutica da construção do direito**. 11. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2014.
- VIEIRA, Oscar Vilhena. **A batalha dos poderes: da transição democrática ao mal-estar constitucional**. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.
- WEFFORT, Francisco. **A formação do pensamento político brasileiro**. São Paulo: Ática, 2004.

NEGÓCIOS, SEGURANÇA PÚBLICA E TECNOLOGIAS^[1]

Rafael Silva de Oliveira^[2]

Resumo

As tecnologias de reconhecimento facial vêm tendo crescente aplicação na área da segurança pública em diversas cidades brasileiras, além no setor privado para as mais variadas finalidades. Ao lado dos avanços inegáveis é indispensável o debate acerca dos riscos inerentes a essas tecnologias, como a coleta massiva de dados e a intensificação da vigilância em espaços urbanos. No contexto de digitalização da sociedade, portanto, um dos principais desafios é assegurar o uso das tecnologias conforme os princípios democráticos da transparência, descentralização e direitos fundamentais. O projeto de pesquisa busca, por meio de pesquisa empírica fundamentada em bibliografia pertinente, analisar a legislação subnacional brasileira (estadual, municipal e distrital) no que se refere ao uso de tecnologias de reconhecimento facial na área da segurança pública, de modo a avaliar seu impacto sobre o exercício de direitos fundamentais, em específico dos grupos sociais mais vulneráveis.

Palavras-chave

Direito Digital. Direitos Fundamentais. Reconhecimento Facial.

[1] Este artigo é resultado da pesquisa desenvolvida sob a orientação da Professora Eleonora Mesquita Ceia no Programa de Iniciação Científica Voluntária do Ibmec-RJ entre 2024 e 2025.

[2] Bacharel em Comunicação Social – Jornalismo, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e graduando em Direito, no Ibmec-RJ. Pesquisador do Grupo de Estudos Constitucionais (DGP/CNPq-IBMEC).

Introdução

As sociedades contemporâneas enfrentam crescentes desafios econômicos, sociais e ambientais. Desde o início do século XXI elas são chamadas a responder demandas oriundas de uma série de crises: o terrorismo, crises financeiras, crises humanitárias, extremismo político, pandemias e emergências climáticas. Em todos esses momentos, fundamentais decisões políticas devem ser tomadas e, com elas, necessárias mudanças são implementadas, de modo a garantir a continuidade da vida em sociedade.

Nesse cenário, a tecnologia vem exercendo um papel cada vez mais significativo. Porém, não é apenas em situações de crise que as diferentes sociedades recorrem à tecnologia para lidar com seus habituais problemas e adversidades. Instrumentos de reconhecimento facial, sensores e acesso sem-fio e gratuito à Internet são exemplos de tecnologias presentes nos espaços de cidadania e privacidade, com o propósito de promover conectividade para o acesso a serviços e a prestação de direitos mais eficiente e inclusiva.

O reconhecimento facial é um dos tipos de tecnologia de identificação de indivíduos baseado no monitoramento por vídeo junto com o tratamento de dados biométricos, os quais são considerados como dados sensíveis conforme a LGPD (Taute, 2020). Em razão disso, são várias as preocupações relacionadas ao uso desta tecnologia, como, por exemplo, os riscos de vigilância em massa e violação de liberdades individuais, como também a falta de transparência sobre sua implementação e os métodos utilizados para a coleta dos dados pessoais. Como resultado, é imprescindível uma regulação específica sobre o uso de sistemas de reconhecimento facial, que conjugue o aproveitamento das potencialidades desta tecnologia com a proteção dos direitos fundamentais (Francisco, Hurel e Rielli, 2020).

No contexto da Federação brasileira surge a seguinte questão: qual ente federativo é o responsável por legislar sobre a matéria específica do uso de sistemas de reconhecimento facial para fins de segurança pública? Tal questão ainda não foi discutida pelo Supremo Tribunal Federal, tampouco recebeu atenção especial pela doutrina. No campo legislativo, como previamente visto, diante do vácuo normativo de lei geral da União sobre o assunto, estados e municípios se anteciparam e editaram legislações específicas para atender suas respectivas demandas regionais e locais.

Com efeito, as tecnologias reconhecimento facial mostram crescente aplicação na área da segurança pública em diversas cidades brasileiras, além no setor privado para as mais variadas finalidades. É um assunto controverso em razão dos riscos de reforçar discriminações e violação dos direitos e liberdades fundamentais, diante da possibilidade de tal tecnologia ser utilizada de forma abusiva para fins de vigilância e controles político e social. Estados e Municípios passaram a regular o tema por leis próprias, enquanto um projeto de lei geral (PL 3069/22) sobre o uso do reconhecimento facial pelos agentes de segurança pública em investigações criminais ou procedimentos administrativos ainda tramita na Câmara dos Deputados.

Ao lado dos avanços inegáveis é indispensável o debate acerca dos riscos inerentes a essas tecnologias, como a coleta massiva de dados e a intensificação da vigilância em espaços urbanos. São recursos que podem ser utilizados de forma abusiva por agentes privados e governantes e provocar um retrocesso democrático na conquista histórica de direitos e garantias. No contexto de digitalização da sociedade, portanto, um dos principais desafios é assegurar o uso das tecnologias conforme os princípios democráticos da transparência, descentralização e direitos fundamentais.

O objetivo é analisar os riscos inerentes ao uso de tecnologias de reconhecimento facial no campo da segurança pública e sua respectiva regulação na Federação Brasileira. Os

objetivos específicos se desdobram em três: i) estudar o funcionamento e respectivas falhas das tecnologias de reconhecimento facial; ii) levantar os dados a respeito da legislação de Estados, Municípios (capitais) e do Distrito Federal sobre o uso das tecnologias de reconhecimento facial na segurança pública; iii) avaliar o uso de tais tecnologias na prática, tendo como base a legislação pesquisada e casos de violação de direitos encontrados, identificando problemas, falhas e abusos.

Será utilizado o método indutivo-qualitativo com base nas pesquisas bibliográfica e documental, de modo a descrever e avaliar, por meio da análise dos dados coletados, o uso de tecnologias de reconhecimento facial no campo da segurança pública na Federação Brasileira.

A pesquisa bibliográfica concentra-se na doutrina nacional e estrangeira a respeito das discussões teóricas sobre direito e tecnologia; impactos das novas tecnologias sobre os direitos fundamentais; e sua aplicação em federações, sobretudo em cidades à luz do conceito de “cidades inteligentes”.

A pesquisa documental compreende a seleção, o levantamento e a análise de legislação subnacional (estadual, municipal e distrital) com relação ao uso de tecnologias de reconhecimento facial no campo da segurança pública. A pesquisa será realizada por meio do mecanismo de busca de legislação disponível nas respectivas páginas oficiais das Assembleias Legislativas e Câmaras de Vereadores, com a utilização de termos-chave relacionados aos temas de pesquisa (“reconhecimento facial” e “segurança pública”). Ao lado disso, a partir de material de notícias e reportagens disponíveis na Internet, serão levantados e sistematizados os casos de violação de direitos a partir do uso da tecnologia de reconhecimento facial.

O presente artigo consolida os resultados da pesquisa bibliográfica, notadamente uma revisão crítica de textos que são referências na literatura especializada sobre o tema das tecnologias digitais e seus impactos sobre os direitos fundamentais.

1. O capitalismo de vigilância

Shoshana Zuboff (2021) apresenta as bases de uma nova ordem econômica mundial, definida como “capitalismo de vigilância” nos seguintes termos:

1. Uma nova ordem econômica que reivindica a experiência humana como matéria-prima gratuita para práticas comerciais dissimuladas de extração, previsão e vendas;
2. Uma lógica econômica parasítica na qual a produção de bens e serviços é subordinada a uma nova arquitetura global de modificação de comportamento;
3. Uma funesta mutação do capitalismo marcada por concentrações de riqueza, conhecimento e poder sem precedentes na história da humanidade;
4. A estrutura que serve de base para a economia de vigilância;
5. Uma ameaça tão significativa para a natureza humana no século XXI quanto foi o capitalismo industrial para o mundo natural nos séculos XIX e XX;
6. A origem de um novo poder instrumentário que reivindica domínio sobre a sociedade e apresenta desafios surpreendentes para a democracia de mercado;
7. Um movimento que visa impor uma nova ordem coletiva baseada em certeza total;
8. Uma expropriação de direitos humanos críticos que pode ser mais bem compreendida como um golpe vindo de cima: uma destituição da soberania dos indivíduos (Zuboff, 2021, p. 14).

Zuboff versa sobre as origens e passos iniciais do capitalismo de vigilância. A partir de três acontecimentos datados de 9 de agosto de 2011 – i) Apple como empresa mais capitalizada do mundo; ii) protestos e mobilizações antineoliberais em Londres; e iii) aprovação de lei pelo direito ao esquecimento na Espanha –, ocorre um confronto político global, com a fusão das capacidades digitais e ambições capitalistas. Passamos, segundo a

autora, de uma primeira para uma segunda modernidade, de uma sociedade de massa para a individualização, em um contexto econômico neoliberal, em que estão inseridas as grandes empresas de tecnologia.

Nessa nova ordem, o indivíduo passa a desenvolver sua própria personalidade, gostos, interesses, em um processo de individualização: “eu consumo do meu jeito, aquilo que eu quero, quando quero, onde quero”. E o neoliberalismo promete atender essa nova demanda do indivíduo. As empresas de tecnologia oferecem mais autonomia e liberdade, mas acompanhadas de abuso e violação de direitos.

A Google se destaca como a empresa pioneira do capitalismo de vigilância, similar ao papel que as montadoras de automóveis Ford e a GM desempenharam no capitalismo gerencial do Século XX. A companhia americana de tecnologia, conhecida globalmente por seu site de buscas, revolucionou a forma como interagimos com a internet, criando um modelo econômico que vai além da simples busca de informações.

Por meio de um ciclo contínuo de aprendizado, a ferramenta Google utiliza dados comportamentais colaterais gerados por suas interações com os usuários para os seus fins no capitalismo de vigilância. Esses dados, antes considerados resíduos, são transformados em informações valiosas que alimentam algoritmos, aumentando a relevância dos resultados das buscas e fomentando um sistema de feedback que beneficia tanto a empresa quanto os usuários. É a descoberta do superávit comportamental do capitalismo de vigilância.

Inicialmente, o uso desses dados era voltado para melhorar a experiência do usuário, criando um ciclo de reinvestimento do valor comportamental. Nesse contexto, os usuários forneciam dados sem custo, e o Google os usava para aprimorar seu serviço, criando um modelo que funcionava sem uma transação de mercado sustentável. Esse modelo do Google não só transformou o setor de buscas, mas estabeleceu as bases para o capitalismo de vigilância, onde a coleta e análise de dados pessoais se tornaram centrais para a criação de valor e controle social.

Zuboff destaca ainda a relação entre o governo dos Estados Unidos e o setor de tecnologia, principalmente entre Google e o Departamento de Defesa americano. A autora demonstra uma crescente dependência do governo em acessar dados privados para enfrentar ameaças cibernéticas. O chamado “excepcionalismo de vigilância” facilitou a acumulação de dados pessoais por empresas, permitindo que práticas de vigilância se desenvolvessem sem contestação significativa. Isso gerou um ambiente favorável ao capitalismo de vigilância, onde o Google e outras empresas puderam prosperar.

A autora denuncia também como o Google construiu “fortificações” para proteger suas operações de vigilância de críticas e regulamentações. Essas fortificações incluíram a demonstração do poder preditivo dos dados na política, com a influência direta na campanha presidencial de Barack Obama nos Estados Unidos, e um lobby agressivo que obscureceu os limites entre interesses públicos e privados. Outra estratégia de “fortificação” do Google foi financiar pesquisas acadêmicas e influenciar a narrativa pública, como uma forma de controlar a percepção e evitar regulamentações que poderiam ameaçar seu modelo de negócios baseado na coleta e análise de dados.

O imperativo de extração de dados da Google alça operações de suprimento para gerar superávit a um papel decisivo em todos os aspectos do empreendimento capitalista de vigilância. Isso começa com um desfile contínuo de inovações, tais como o Google Street View, Maps e Earth, que visam controlar suprimentos de matéria-prima. Açambarcar este mercado, tomar posse com exclusividade, não é uma mera conquista tecnológica. A despossessão sustentável requer um amálgama muito bem orquestrado e cuidadosamente escalonado de estratégias políticas, de comunicação, administrativas, jurídicas

e materiais que afirme com audácia e defesa de modo incansável reivindicações por um novo território.

O sucesso dessas estratégias, primeiro no Google e depois no Facebook, estabeleceu tanto sua viabilidade quanto suas recompensas, trazendo novos concorrentes para um ciclo cada vez mais implacável de raptar a experiência humana, açambarcar os suprimentos de superávit e competir em novos mercados futuros comportamentais. As pessoas tornaram-se ao longo dos anos extremamente dependentes dos aplicativos administrados pela Google, oferecidos de forma gratuita que facilitam o dia a dia, mas criando simultaneamente uma dependência. A empresa se vale dessa dependência para capturar dados, a desposseção, e lucrar com este superávit comportamental.

A estrutura do capitalismo de vigilância, para Zuboff, se assenta em seis alicerces: i) a experiência humana como matéria-prima gratuita, ignorando os direitos, entendimentos e interesses individuais; ii) a experiência do indivíduo convertida em dados comportamentais; iii) os dados ficam na “posse” de quem os reivindica; iv) o direito ao “possuidor” de saber o que o conteúdo dos dados revela; v) o direito de decidir como o conhecimento é usado; e vi) as condições anteriores preservam o direito de pegar, possuir, saber e decidir.

Por força das suas concentrações sem precedentes de conhecimento e poder, o capitalismo de vigilância torna-se predominante sobre a divisão da aprendizagem na sociedade — o princípio axial da ordem social numa civilização de informação. “A divisão da aprendizagem na sociedade foi sequestrada pelo capitalismo de vigilância. Na ausência de um duplo movimento poderoso — por mais imperfeito que seja — no qual instituições democráticas e sociedade civil atrelassem o capitalismo bruto de informação aos interesses da população, somos lançados de volta à forma de mercado das empresas capitalistas de vigilância na mais decisiva das disputas em relação à divisão da aprendizagem na sociedade” (Zuboff, 2021, p. 221).

Em suma, Zuboff afirma que, liderado por gigantes como Google e Facebook, esse sistema capitalista digital não apenas monitora o comportamento dos usuários, mas também o influencia para gerar lucros. Esse fenômeno marca uma transformação radical da era capitalista, onde a principal mercadoria não são mais apenas produtos ou serviços, mas sim as previsões e a manipulação do comportamento humano. Google e outras empresas tecnologia construíram sua arquitetura de extração no mundo on-line. À medida que a concorrência referente às receitas da vigilância se intensificou, um segundo imperativo econômico cresceu, provocando uma expansão dessa arquitetura para outro mundo, o mundo “real”.

2. O problema da opacidade

Em *The Black Box Society*, Frank Pasquale (2015) alerta para os riscos da crescente influência de algoritmos secretos em áreas como finanças, tecnologia e governo. Ele argumenta que a falta de transparência nessas esferas cria uma sociedade marcada pela assimetria informacional, onde corporações e instituições públicas operam com sigilo extremo, enquanto a privacidade dos cidadãos é constantemente violada.

Pasquale introduz o conceito de “sociedade da caixa-preta”, em que decisões críticas são tomadas por sistemas opacos, sem possibilidade de contestação ou compreensão pública. Exemplos como reputação digital, sistemas de busca e manipulação financeira ilustram como esses algoritmos moldam comportamentos e mercados, favorecendo interesses privados em detrimento da democracia e da justiça social. O autor defende, portanto, uma sociedade mais transparente, com regulação efetiva e acesso público às decisões algorítmicas que afetam milhões de vidas.

É neste cenário da Era do Capitalismo Digital que estão inseridas as discussões sobre os mecanismos de vigilância, como é o uso do reconhecimento facial na segurança pública. Identifica-se, pela leitura da bibliografia indicada na pesquisa, o uso crescente de tecnologias de reconhecimento facial (TRFs) pelas forças policiais brasileiras, destacando suas aplicações em vigilância ostensiva e investigação criminal. O poder público justifica essa adoção como uma forma de aumentar a eficiência na prevenção e repressão ao crime, substituindo métodos subjetivos como o “faro policial” por técnicas consideradas mais objetivas.

3. Reconhecimento facial e segurança pública

O funcionamento das TRFs envolve quatro etapas principais: captura de imagens por câmeras em espaços públicos, processamento dos rostos por algoritmos que extraem padrões faciais, comparação com bancos de dados de pessoas procuradas e, por fim, emissão de alertas às autoridades em caso de correspondência positiva. A expansão dessas tecnologias foi impulsionada por fatores como o barateamento dos dispositivos, o aprimoramento dos algoritmos e incentivos governamentais, como a Portaria nº 793/2019, do Ministério da Justiça e da Segurança Pública, gestão do Governo Federal de então, mas ainda vigente.

A tecnologia de reconhecimento facial tem sido utilizada pela administração pública brasileira para diversos fins desde pelo menos 2011. Seu uso se intensificou entre 2018 e 2019, com implementações em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo. No entanto, exceto a Portaria nº 793/2019, não existe uma legislação geral ou regulamentação setorial, o que deixa sem regulação tanto sua aplicação geral quanto usos específicos, como na segurança pública, nos sistemas de transporte público ou na identificação de indivíduos (Belli; Gaspar; Zingales, 2024).

O uso de tecnologia de reconhecimento facial apresenta sérios problemas estruturais e éticos. Entre eles, estão os altos índices de falsos positivos, especialmente na identificação de pessoas negras, o viés algorítmico decorrente de dados desbalanceados e a ausência de regulamentação legal clara. Esses fatores contribuem para a reprodução de preconceitos e para a aplicação desigual da vigilância, afetando principalmente comunidades periféricas (Smith; Mann, 2024).

No artigo “Vigilância da cor”, Pablo Nunes (2022) denuncia os efeitos perversos do uso de tecnologias de reconhecimento facial no Brasil, especialmente sobre jovens negros. Ele aponta que, enquanto a adoção dessas tecnologias avança rapidamente entre Estados e municípios, há uma preocupante ausência de regulação mínima e de transparência sobre seus impactos reais.

Essa lacuna é atribuída à forma como o Estado brasileiro exerce controle e punição, aos interesses econômicos envolvidos e à falta de dados sobre erros e diagnósticos. A consequência é a desresponsabilização das instituições policiais pelos danos causados, como prisões indevidas e abordagens discriminatórias. A campanha “Tire Meu Rosto da Sua Mira” reforça esse alerta, defendendo o banimento das TRFs por seu potencial abusivo e por flexibilizarem princípios fundamentais como a presunção de inocência.

Complementando essa crítica, Bianca Kremer e Fernanda Silva (2022), a respeito da LGPD Penal, tratam dos impactos da exceção prevista no Art. 4º, III da Lei Geral de Proteção de Dados, que exclui o tratamento de dados pessoais sensíveis para fins de segurança pública da regulação atual. Essa lacuna legislativa favorece o uso indiscriminado de tecnologias baseadas em dados, sem garantir segurança jurídica ou controle proporcional dos riscos. As autoras defendem a criação de uma LGPD Penal específica, que assegure a proteção dos direitos individuais e limite o poder punitivo do Estado, evitando a consolidação de

um modelo autoritário de vigilância. Mesmo sem essa legislação, elas reforçam que os princípios gerais do Direito prevalecem, exigindo transparência, responsabilização e prestação de contas por parte dos agentes públicos.

Conclusão

O reconhecimento facial é uma das aplicações mais complexas da inteligência artificial e carrega muitas de suas limitações e desafios. É possível afirmar que é uma tecnologia relativamente nova e já presente bastante em nosso cotidiano. Justamente por essa razão é fundamental ampliar a conscientização e o entendimento sobre seus impactos, considerando uma abordagem multidisciplinar que envolva todos os seus públicos, sejam eles desenvolvedores, fornecedores, operadores, reguladores e usuários finais.

Ao longo da pesquisa, foram identificados exemplos diversos sobre os impactos sociais negativos, como prisões indevidas, abordagens injustificadas e vigilância desproporcional. A falta de legislação específica para regular o uso dessas tecnologias gera um cenário de incerteza e abre espaço para abusos. Dessa forma, parecer ser urgentes o estabelecimento padrões legais para a coleta, armazenamento e uso de dados biométricos, bem como definir os limites que a privacidade deve impor à atuação das forças de segurança pública.

REFERÊNCIAS

- BELLI, Luca; GASPAR, Walter Britto; ZINGALES, Nicolo. *Regulating Facial Recognition in Brazil: Legal and Policy Perspectives*. In: MATULIONYTE, Rita; ZALNIERIUTE, Monika (eds.). **The Cambridge Handbook of Facial Recognition in the Modern State**. Cambridge: Cambridge University Press, 2024, p. 228-241.
- FRANCISCO, Pedro Augusto P.; HUREL, Louise Marie; RIELLI, Mariana Marques. **Regulação do reconhecimento facial no setor público: avaliação de experiências internacionais**. Rio de Janeiro: Instituto Igarapé/DataPrivacyBR, 2020.
- KREMER, Bianca; SILVA, Fernanda dos Santos Rodrigues. *A LGPD Penal e a lacuna regulatória no tratamento de dados pessoais sensíveis por profissionais de segurança*. In: CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler (org). **Tecnologia, Segurança e Direitos**. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p.171-196.
- NUNES, Pablo. *Vigilância da cor: a tecnologia de reconhecimento facial e sua utilização no Brasil*. In: CEIA, Eleonora Mesquita; DUARTE, Daniel Edler (org). **Tecnologia, Segurança e Direitos**. Rio de Janeiro: KAS, 2022, p.35-59.
- PASQUALE, Frank. **The black box Society**. Cambridge: Harvard University Press, 2015.
- SMITH, Marcus; MANN, Monique. *Facial Recognition Technology and Potential for Bias and Discrimination*. In: MATULIONYTE, Rita; ZALNIERIUTE, Monika (eds.). **The Cambridge Handbook of Facial Recognition in the Modern State**. Cambridge: Cambridge University Press, 2024, p. 87-95.
- ZUBOFF, Shoshana. **A era do capitalismo de vigilância: a luta por um futuro humano na nova fronteira do poder**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021.

REFORMA TRIBUTÁRIA DO CONSUMO: IMPACTO NO FEDERALISMO FISCAL E NA JUSTIÇA TRIBUTÁRIA^[1]

Andrieli Carneiro^[2]

Introdução

Em dezembro de 2023 foi promulgada uma emenda Constitucional sob o nº 132 pelo Congresso Nacional, essa emenda tem como principal ideia converter um sistema complexo mesclado entre cinco tipos de imposto por um modelo mais simples e justo. Como em qualquer país do mundo, é necessário que haja mudanças e reformas para um governo melhor e a reforma tributária não é diferente, uma vez que ela busca mudar a forma de cobrar impostos aos cidadãos brasileiros e ser mais justo com a sociedade.

O Brasil é um dos países com sistema tributário mais complexo do mundo e, por esse motivo, é fundamental que o governo adote medidas plausíveis para minimizar a desigualdade e reduzir o alto número de imposto a ser cobrado. Em pleno século XXI, é possível perceber que as mudanças devem acontecer e como prova disso, há um grande ditado popular muito falado que expressa a situação atual do sistema tributário quanto a prática de reforma, sendo ele: “antes tarde do que nunca”.

O Brasil enfrenta diversos desafios e, infelizmente, os atingidos sempre são os povos e para que isso mude, a Reforma tributária busca reduzir os impostos e criar o imposto dual, onde existem dois tributos distintos sobre o valor agregado, o modelo adotado é o do IVA dual (Imposto sobre Valor Agregado), compostos por CBS e IBS, esse modelo já foi adotado por outros países e deu certo e, com isso, o Brasil estuda para adotar a mesma ideia.

Por ora, a justificativa para a Reforma Tributária é simplificar o sistema e impulsionar o crescimento econômico, além de ajudar a sociedade como um todo e a fim de ter um sistema mais atual e menos burocrático, fazendo o uso de simplificação, substituição, estímulo e crescimento econômico, justiça social e redução da desigualdade. Por outro lado, a modernização e segurança jurídica.

Objetivo

A pesquisa pretende analisar a proposta de reforma tributária com enfoque no assunto consumo à luz da justiça tributária e redução dos impostos, além é claro, da redução da desigualdade. Ou seja, está em busca de mudar drasticamente o sistema atual para um sistema menos mais eficiente, garantindo simplificar e reduzir as burocracias, ganhar eficiência econômica, justiça fiscal e equidade e fortalecimento do federalismo fiscal.

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação da Professora Micaela Dominguez Dutra do Ibmec-RJ.

[2] Graduanda em Direito no Ibmec-RJ.

Metodologia

A metodologia aplicada é a pesquisa bibliográfica baseada na literatura nacional e estrangeira especializada nos temas da justiça e tributação. Os principais autores para o entendimento e como fazer uma reforma tributária justa em épocas de avanços tecnológicos e inteligências artificiais, é indiscutível não ler os autores Fernando Rezende, Amartya Sen, Sérgio Prado e Carlos Eduardo Cavalcante, entre outros que falam sobre justiça tributária, guerra fiscal e reformas tributárias.

Fundamentação teórica

O Sistema Tributário Brasileiro é, há anos, um desafio para promover um bom desenvolvimento econômico, uma vez que a Constituição Federal de 1988 disponibilizou uma repartição de competências em que a União, o Estado e o Município tivessem poder para instituir os tributos constituintes cobrados pelos contribuintes. A atribuição dada pela Constituição Federal, entretanto, não consagrou o esperado e a prática, em vista disso, contribuiu para um federalismo fiscal de competição e injustiças.

Em dezembro de 2023 foi promulgada uma emenda Constitucional sob o nº 132 pelo Congresso Nacional, que por força maior serve para criar, discutir e aprovar leis. Essa emenda representa um grande avanço para uma reforma tributária justa e igualitária no Brasil, pois trata-se de um sistema tributário sobre consumo. Diante disso, a emenda tem como principal ideia converter um sistema complexo mesclado entre cinco tipos de imposto por um modelo mais simples e justo que é o Imposto sobre o Valor Adicionado (IVA). A nova reforma que substitui os cinco tributos por um só, promete acabar com o pesadelo da desigualdade social e, assim, garantindo a justiça tributária, tornando o sistema menos regressivo e abusivo para o consumidor.

Em meio a tantos temas de importância a serem abordado, entende-se que a Reforma tributária do consumo e o impacto no federalismo fiscal e na justiça tributária é, sem dúvidas, um grande marco temático para ser discutido, uma vez que este assunto abrange a necessidade de mudanças e reformas tributárias, a fim de equiparar a desigualdade social, implementando políticas públicas, justiça social e garantindo os Direitos Fundamentais e, assim, minimizando as barreiras sociais e econômicas do Brasil, com objetivo de reduzir a complexidade da tributação e garantindo uma reforma tributária justa.

É relevante destacar que o Brasil é um dos países que mais sofrem por desigualdade social, visto que os 50% mais pobres ganham 29 vezes menos do que os 10% mais ricos, obtendo a pior distribuição de renda dos países vizinhos (Fernandes, 2021). Os brasileiros enfrentam grandes implicações, tanto no Federalismo fiscal, quanto na Justiça Tributária. Logo, pergunta-se quais medidas devem ser aplicadas por um país melhor. Nota-se que o Brasil necessita de mudanças e intervenções, para que o permita sair das crises econômicas e para que a equidade seja equiparada. É necessário portanto, que haja modificações no Sistema Tributário, com intuito de tornar o país mais progressista em termos de alíquotas e, também, a fim de torná-lo mais justo e eficiente.

Para alcançar um novo federalismo fiscal, é necessário que o Brasil saia da situação que ele se encontra, pois, contrário disso, os caminhos a serem trilhados, serão marcados de incertezas e desafios (Rezende, 1995). Cabe lembrar que a Constituição de 1988 ao ser promulgada trouxe maneiras para criar reformas no Brasil, principalmente, quando se trata em viabilizar a equidade social, alcançando ações multifacetadas para acabar com a desigualdade e proporcionar a igualdade no país.

A Reforma Tributária do Consumo e o Impacto no Federalismo Fiscal e na Justiça Tributária vem se constituindo em um elemento preocupante para os cidadãos, visto que

em pleno século XXI, não houve mudanças, mas sim apenas promessas que não foram cumpridas e, devido a isso, os pobres continuam pobres, pois comparado aos ricos, os impostos são iguais para todos e os ricos continuam cada vez mais ricos. A realidade de cada cidadão deve ser levada em consideração.

Buscar uma reforma tributária inclusiva e desenvolver a equidade é uma das formas de reduzir a desigualdade social, isto é, as alíquotas devem ser determinadas pela seletividade de acordo com os mais pobres. A ideia de equidade deve ser colocada em prática, porque é isso que a Carta Magna de 1988 ensina fazer, todos, independentemente, da raça, cor, religião e cultura tem que ser tratados iguais, mas ao olhar para a realidade em que o Brasil vive, percebe-se que a má distribuição de renda contribui para um país menos progressista em termo de alíquotas e igualdade. Existem possibilidades de a Reforma tornar o sistema mais justo, havendo ponderação entre os ricos e os pobres, onde pobres pagam de acordo com o que possuem, um valor equitativo de tributação, necessitando-se adotar medidas suficientes, ou seja, tributar mais quem ganha mais e, também, é válido reconfigurar as relações financeiras entre União, Estado e Município.

As ideias presentes devem ser colocadas em práticas, porque caso contrário o Brasil nunca irá sair dessa triste realidade. Embora a Constituição Federal tenha adotado modelo para acabar com as desigualdades regionais, proporcionando novas reivindicações para novas reformas, o federalismo fiscal ainda é marcado por diferenças sociais, justamente, pela não-conclusão das reformas que a Constituição adotou. O governo precisa identificar os principais desafios que a reforma tributária do consumo e federalismo fiscal enfrenta para se ter um sistema tributário mais equitativo e justo. Ademais, observa-se que, hoje em dia, os debates em torno da Reforma Tributária sofrem uma grande carga ideológica, porque os grandes atores têm pensamentos carregados pelo espectro político.

Outrossim, um dos momentos marcantes da reforma tributária tem sido a novidade criada do *cashback*, dado que, com ele, apesar de as pessoas consumirem, elas são contribuídas por esse sistema de devolução, o sistema devolve para as pessoas parte do imposto pago no produto adquirido. O Brasil é um país que tem grande potencial para melhorar o crescimento econômico, basta colocar em prática a ideia de substituição de tributos por IVA (Imposto sobre Valor Agregado), o IVA já é utilizado por muitos países e até o momento é uma das propostas que mais visam funcionar para desenvolver a equidade, acabar com a desigualdade social e manter a justiça tributária em grande escala. A ideia, é acabar com impacto e fazer com que o federalismo fiscal seja justo e equilibrado, tornando o Brasil mais centralizado.

Ademais, os princípios tributários limitam o poder que o Estado tem em criar e cobrar tributos e os princípios que mais se destacam é o princípio da legalidade, isonomia e anterioridade, onde cada um deles tem um grande papel para garantir a igualdade, justiça e transparência. Hoje em dia a carga tributária é maior e mais complexa, os pobres pagam um valor desproporcional de tributos comparado aos anos anteriores.

As regiões que sofrem com essa notícia é a região Norte e Nordeste do Brasil, porque, são as regiões mais afetadas por menor participação no PIB e, sem sombras de dúvidas, a alta taxa de tributação está ligado a essa triste realidade. Os brasileiros pagam mais tributos do que consomem, porque, na maioria das vezes, o Brasil oferece uma péssima qualidade de vida, posto que a alta taxa de tributação não se assemelha à renda que os brasileiros recebem.

A busca por um sistema mais democrático depende de muitas avaliações e estudos. Por outro lado, a ideia do *cashback*, por exemplo, é reduzir a desigualdade tributária. Mas, se o valor devolvido não for significativo, mais uma vez a teoria reina e a prática é abandonada. Destaca-se, ainda, que o novo sistema avança na redução da regressividade

e na promoção da justiça fiscal, uma vez que o *cashback* age como compensação por desigualdades de renda, o objetivo principal é reduzir o custo de vida das famílias de classe baixa, isentando e diminuindo a carga tributária indireta sobre o consumo essencial.

Na obra de Amartya Sen (2009), a escritora afirma que existem injustiças que nos cercam, mas são possíveis de eliminá-las, basta querermos. Sen conta uma breve história onde pessoas lutavam para remover injustiças até onde conseguissem, mesmo sabendo que não iriam alcançar um mundo totalmente justo. A ideia de justiça para Amartya não é oferecer soluções para uma natureza de justiça perfeita, mas sim, eliminar as injustiças que estão atreladas na sociedade.

A priori, a Reforma Tributária do Consumo tem por objetivo maximizar o sistema tributário nacional, buscando por mudanças e solucionando conflitos. Mas, destaca-se que, se mal desempenhada, ela poderá causar problemas futuros, acarretando complexidade e ineficiência no sistema e, assim, ao invés de garantir a justiça, será acrescido de mais uma injustiça no país e, por esse motivo, antes de tomar quaisquer decisões, deve-se estudar todas as formas primeiro antes de aplicá-las.

Depreende-se, portanto, que medidas devem ser tomadas com a finalidade de resolver os conflitos que estão presos na Reforma tributária do consumo e o impacto no federalismo fiscal e na justiça tributária, seja pela falta de responsabilidade do governo cumprirem com suas funções e minimizar a situação atual, seja pela ausência de visibilidade dos governantes em lutar por um país mais justo, igualitário e com reforma tributária mais eficiente.

Para a conscientização da população brasileira a respeito do impasse, urge que medidas devem ser, urgentemente, tomadas para um país mais progressista em termos de alíquotas e para uma distribuição de renda melhor. Ao lado disso, é necessário que o Ministério da Fazenda crie, por meio de verbas governamentais, campanhas publicitárias, a exemplo de anúncios, discursos e palestras, com o intuito da reforma tributária gerar um crescimento econômico no Brasil, havendo um bom desempenho no federalismo fiscal e garantindo uma justiça tributária para os cidadãos brasileiros. Somente com essas medidas, será possível viver em uma sociedade igualitária, assim como traz a Constituição Federal de 1988.

Conclusão

O Brasil precisa de mudanças e, para que essas mudanças de fato aconteçam, é necessário colocar as teorias em prática, sem excluir o atendimento das demandas populares. O intuito sempre deve ser voltado para população, principalmente, aqueles mais afetados, os pobres. A reforma do sistema tributário oferece perspectivas de transição para um ambiente tributário e fiscal eficiente e justo.

REFERÊNCIAS

FAGNANI, Eduardo (Org.). *A Reforma Tributária Necessária: diagnóstico e premissas*. Brasília: ANFIP; FENAFISCO: São Paulo: Plataforma Política Social, 2018.

FERNANDES, Daniela. *4 dados mostram porque o Brasil é um dos países mais desiguais do mundo*. BBC Brasil. 7 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59557761.amp>. Acesso em: 22 ago. 2025.

PRADO, Sérgio; CALVACANTI, Carlos Eduardo G. *A guerra fiscal no Brasil*, São Paulo: FUNDAP, 2000; Brasília, DF: Ipea, 2000.

REZENDE, Fernando. *Federalismo fiscal no Brasil*. Brazil. J. Polit. Econ. 15(3), 1995. <https://doi.org/10.1590/0101-31571995-0834>.

SEN, Amartya. *A ideia de justiça*. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

SIQUEIRA Fernando Gaiger; PASSOS, Luana; GUEDES, Dyeggo Rocha. *Reforma tributária: por onde começar?* Saúde debate 42 (spe3), 2018. <https://doi.org/10.1590/0103-11042018S316>.

CIDADES RESILIENTES E O IMPACTO DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: PERSPECTIVAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS NO CONTEXTO DO RIO DE JANEIRO^[1]

Eduarda de Araújo Castro Demori Gomes^[2]

Introdução

Desde o surgimento da Primeira Revolução Industrial, no século XVIII o mundo passou por transformações profundas na maneira como produz bens, consome recursos e organiza seus espaços urbanos. O modelo industrial, centrado na mecanização, na produção em larga escala e na concentração das atividades econômicas em áreas urbanas, impulsionou o crescimento acelerado das cidades e promoveu uma exploração intensa dos recursos naturais. Essa nova configuração urbana trouxe consigo uma série de desafios sociais e ambientais que se intensificaram ao longo dos séculos.

Esse processo de industrialização ocorreu de maneira mais tardia no Brasil, ganhando impulso a partir da década de 1930, particularmente com a implementação da política de substituição de importações. A expansão descontrolada dos centros urbanos foi fortemente influenciada por fatores como o êxodo rural causado pelas secas no sertão nordestino e a necessidade de mão de obra para grandes empreendimentos urbanos, como a construção de Brasília. Esse crescimento rápido e mal planejado levou a ocupações precárias, especialmente nas periferias das grandes cidades em regiões de risco, como encostas e morros.

O caso do Rio de Janeiro é particularmente emblemático. Segundo o estudo *Socio-environmental vulnerability index: a methodological proposal based on the case of Rio de Janeiro, Brazil*, em 2010, a cidade contava com mais de 23% da população distribuídos em regiões de elevado nível de desigualdade social e vulnerabilidade ambiental – número que vem crescendo ao longo dos anos. O crescimento urbano descontrolado levou à proliferação de assentamentos informais em áreas de risco, à degradação dos ecossistemas locais e ao agravamento da poluição do ar, intensificada pelo transporte motorizado e pelas atividades industriais.

No século XXI, novos obstáculos surgem, principalmente com a intensificação de fenômenos climáticos severos, como inundações, deslizamentos de terra e ondas de calor. Esses fenômenos demandam das cidades respostas mais rápidas, integradas e sustentáveis. Nesse cenário, o conceito de cidades resilientes, incentivado por entidades internacionais como a ONU-Habitat, se destaca como um modelo de desenvolvimento urbano que favorece a inclusão social, a sustentabilidade ambiental e a habilidade de adaptação diante de adversidades.

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação da Professora Carla Izolda Fiuza Costa Marshall do Ibmec-RJ.

[2] Graduanda em Direito no Ibmec-RJ.

A inovação tecnológica, com destaque para o uso da Inteligência Artificial, surge como uma ferramenta estratégica para transformar a gestão urbana. Sistemas baseados em IA já estão sendo utilizados para monitoramento ambiental, simulações preditivas, controle de tráfego, entre outros. Pesquisas realizadas por instituições como a Fundação Getúlio Vargas (FGV) e o WRI Brasil indicam que a aplicação inteligente de dados pode reduzir em até 30% os impactos de desastres ambientais urbanos, quando integrada ao planejamento territorial.

Ademais, o conceito de cidades inteligentes – ou *smart cities* – destaca o papel da tecnologia na otimização da eficiência dos serviços urbanos. Segundo a Comissão Europeia, essas cidades empregam redes e sistemas tradicionais de maneira mais eficiente por meio das tecnologias da informação e comunicação, trazendo vantagens diretas tanto para os cidadãos quanto para o mercado.

Diante dos desafios urbanos atuais, é fundamental compreender os impactos históricos da Revolução Industrial na formação das cidades brasileiras, para que se possa enfrentar de uma melhor forma questões sociais e ambientais persistentes. Paralelamente, é necessário investigar como as tecnologias artificiais podem contribuir para o desenvolvimento de cidades mais resilientes e inteligentes.

A pesquisa tem por escopo o exame relativo à identificação de como o patrimônio histórico da Revolução Industrial afeta os problemas atuais que as cidades brasileiras enfrentam, com atenção especial a cidade do Rio de Janeiro. Ademais, procura examinar o papel das tecnologias emergentes, particularmente as inteligências artificiais, como instrumentos estratégicos para o planejamento urbano sustentável e criação de cidades mais justas e resilientes.

De maneira geral, a pesquisa busca identificar e aprofundar a compreensão sobre os benefícios advindos da Quarta Revolução Industrial no contexto urbano, com ênfase na aplicação de tecnologias emergentes no planejamento e na gestão de cidades, analisando como essas inovações podem ser incorporadas de forma estratégica para enfrentar os desafios urbanos. Além disso, o intenta-se oferecer contribuições teóricas e práticas para o desenvolvimento urbano sustentável. Por fim, almeja-se contribuir como resultado a elaboração de artigo com o objetivo de publicação de artigo científico.

Por fim, entende-se que é fundamental entender os efeitos históricos da Revolução Industrial na configuração urbana atual para construir cidades resilientes. A combinação de inovação tecnológica com políticas públicas focadas na justiça socioambiental representa uma estratégia promissora para lidar com os desafios atuais e desenvolver soluções inclusivas para o futuro. Com sua dinâmica urbana complexa, o Rio de Janeiro proporciona um ambiente propício para essa mudança e tem o potencial de se tornar um modelo na integração entre patrimônio histórico, sustentabilidade e tecnologia.

Metodologia

Considerando a variedade de fontes empregadas para embasar este estudo, é imprescindível ressaltar algumas referências que se destacam das demais, particularmente no que tange à definição do tema central. O foco central do estudo deve ser claramente definido e organizado, com ênfase na avaliação das cidades resilientes sob a perspectiva das cidades inteligentes.

Nesse contexto, é essencial recorrer à doutrina especializada, com ênfase na literatura estrangeira, que oferece contribuições valiosas e atualizadas sobre o tema. Essa abordagem permite ampliar a compreensão sobre como os conceitos de resiliência urbana e inteligência territorial se articulam, especialmente diante dos desafios contemporâneos enfrentados pelas cidades.

Ademais, é essencial adotar uma perspectiva integrada que leve em conta a interconexão entre os elementos jurídicos sociais e econômicos. A criação de cidades resilientes não ocorre de maneira isolada, mas em harmonia com os direitos essenciais, a dinâmica social e os modelos econômicos que definem a vida urbana. Logo, essa tríade – direito, sociedade e economia – deve ser considerada na análise como base para uma reflexão crítica e completa

Objetivos

Considerando-se a importância da temática que se intenta abordar nesta pesquisa, que alcança o direito, mas também a economia, o objetivo principal vem a ser a análise sobre de que maneira a Revolução Industrial, principalmente a Quarta Revolução Industrial – também conhecida como Indústria 4.0 -, sobre a perspectiva tecnológica consegue dar amparo aos desafios climáticos que as cidades vêm experimentando.

Objetiva, também, a realização de comparações entre diferentes cidades, tanto no Brasil quanto intencionalmente, avaliando políticas públicas, modelos de governança e iniciativas tecnológicas voltadas a sustentabilidade urbana. A intenção é identificar boas práticas e possíveis adaptações para o contexto brasileiro.

Tenciona-se elaborar artigo a ser publicado, como também participação em eventos de iniciação científica.

Conclusão e resultados esperados

As cidades, especialmente metrópoles como o Rio de Janeiro, são um reflexo direto dos impactos provocado pela Revolução Industrial. O acelerado processo de urbanização impulsionado por avanços industriais trouxe consigo não somente transformações econômicas, mas também sérios desafios ambientais, como a degradação de recurso naturais, poluição atmosférica e a desigualdade territorial. Hoje, diante da intensificação das mudanças climáticas e do aumento da frequência de eventos extremos, emerge a necessidade de fortalecer a resiliência urbana, articulando soluções tecnológicas com justiça socioambiental.

Nesse contexto, as inteligências artificiais despontam como ferramentas inovadoras para o planejamento urbano sustentável, permitindo o monitoramento de riscos, a previsão de desastres e a gestão inteligente de recursos. Portanto, este projeto busca investigar como o legado histórico da Revolução Industrial influencia os desafios atuais das cidades brasileiras e de que forma as tecnologias emergentes, especialmente as inteligências artificiais, podem ser aplicadas para promover cidades resilientes, justas e preparadas para o futuro.

REFERÊNCIAS

EUROPEAN COMMISSION. **Smart Cities**. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topica/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en#what-are-smart-cities . Acesso em: 5 ago. 2025.

FGV EAESP. *Adaptação Climática*. **Revista GV Executivo** 23(1), 2024.

MALTA, Fernanda Siqueira; COSTA, Eduarda Marques da; MAGRINI, Alessandra. *Socio-environmental vulnerability index: a methodological proposal based on the case of Rio de Janeiro, Brasil*. **Ciênc. saúde colet.** 22(12), 2017, p. 3933-3944.

MARSHALL, Carla. *Desafios Climáticos e Cidades Resilientes*. In: GESTENBERGER, Fátima Cristina Santoro (Org.). **Estudos Contemporâneos da Moradia no Brasil**. Rio de Janeiro: GZ Editora, 2025.

MARSHALL, Carla; GESTEBERGER, Guilherme Santoro. **O Direito Urbanístico Aplicado: Transformação social das cidades**. VI Encontro Virtual CONPEDI. Anais, Florianópolis: Editora Conpedi, 2023.

MARSHALL, Carla; GOMES, José Maria Machado; DUARTE, Veronica Teixeira. **Empresas 4.0 e incentivos Environmental, Social and Governance no processo de descarbonização e a transição energética**. XXX Congresso Nacional do CONPEDI Fortaleza. Anais. Florianópolis: Editora Conpedi, 2023.

OLIVEIRA, Rafael Carvalho Resende de. **Regulação Municipal: Smart Cities e Nudges – a experiência do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Editora Processo, 2023.

ONU-Habitat. **Nova Agenda Urbana**. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/11/20221027_nova_agenda_urbana_portugues.pdf. Acesso em: 10 dez. 2025.

PASQUAL, Francisco; AZEREDO, Laura. *Accessibility to public green areas: case study in Belo Horizonte, Brazil*. **WRI Brasil**, Working Paper, março 2025.

POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE: A REPARTIÇÃO DE COMPETÊNCIAS ENTRE O PÚBLICO E O PRIVADO^[1]

Elara Azevedo Esteves^[2]

Introdução

A urgência em cumprir a Agenda 2030 aliada a crescente adoção de critérios ESG pelo setor privado demandam novos arranjos institucionais que articulem competências públicas e privadas, sendo evidente a importância de medidas educacionais no que tange à escalada do cenário ambiental global. Enquanto o Estado detém o poder de regulação, fiscalização e fomento, as empresas possuem recursos financeiros, tecnológicos e de gestão capazes de acelerar a transição sustentável. Nesse contexto, políticas públicas que incentivam a corresponsabilidade tornam-se cruciais.

Este trabalho tem como objetivo analisar modelos de repartição de competências entre público e privado em políticas de sustentabilidade, tomando como base as agendas ODS e ESG. A justificativa reside na necessidade de superar limitações orçamentárias estatais em conjunto com a garantia de efetividade e avanço nas ações, além de reforçar e otimizar a participação da comunidade através da incorporação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no currículo escolar – estratégia reconhecida internacionalmente para promover conscientização e mudança de comportamento (UNESCO, 2017) – e do aprimoramento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que já prevê competências relacionadas à sustentabilidade, porém de forma não sistemática.

Em síntese, a pesquisa busca analisar a repartição de competências e responsabilidades entre o setor público e privado na implementação de políticas de sustentabilidade alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e aos critérios ESG (Environmental, Social, Governance). Por meio da revisão bibliográfica e da análise de cenários de iniciativas de energia renovável em escolas, observam-se as possibilidades de implementação de modelos que integrem as disposições do Estado e as do setor privado de maneira conjunta. Os resultados esperados incluem a internalização dos ODS na comunidade escolar, a redução do impacto ambiental das escolas por meio de infraestrutura sustentável e o engajamento do setor privado via incentivos governamentais e melhorias em indicadores ESG.

Metodologia

Utilizou-se a revisão bibliográfica e documental, com análise qualitativa de relatórios internacionais da UNESCO, documentos normativos nacionais e estudos de mercado sobre o conjunto ESG (McKinsey, 2019), além do exame de casos concretos como o programa “Eco-Schools” e “Escolas Sustentáveis” (MMA/MEC). A metodologia incluiu

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação da Professora Christiane Romeo do Ibmec-RJ.

[2] Graduanda em Relações Internacionais no Ibmec-RJ.

também a análise de mecanismos de incentivo e de mensuração de resultados, com foco na interação entre políticas públicas e investimento privado.

Objetivos

Este estudo tem como objetivos centrais: i) analisar os fundamentos e modelos de repartição de competências entre o setor público e o privado no âmbito das políticas de sustentabilidade, com ênfase no contexto educacional; ii) propor mecanismos de incentivo e de parceria, ancorados nos critérios ESG, que possam engajar de forma efetiva e mensurável o capital privado em projetos de infraestrutura sustentável e educação ambiental nas escolas; e iii) avaliar a eficácia e os impactos da implementação integrada dos ODS no currículo e no ambiente escolar, considerando-a como uma via estratégica para o cumprimento das metas da Agenda 2030 e para a formação de uma cultura de sustentabilidade.

Fundamentação teórica

A fundamentação teórica deste estudo abrange a ideia de Governança Multinível (Hooghe; Marks, 2003), fornecendo embasamento para compreender a partilha de competências e a vantagem de parcerias público-privadas em contextos de complexidade e restrição orçamentária. A literatura sobre ESG (McKinsey, 2019) demonstra que a performance ambiental, social e de governança deixou de ser um custo acessório para se tornar um adicional estratégico de criação de valor, atração de investimentos e mitigação de riscos, o que as torna parceiras naturais do Estado na implementação dos ODS, desde que os incentivos e os marcos regulatórios sejam adequadamente estruturados. Os documentos da Base Nacional Curricular (BNCC) (2018) e da UNESCO (2017) oferecem, por sua vez, o embasamento para integrar sustentabilidade ao currículo escolar, tendo as “Escolas Sustentáveis” (MMA/MEC) e as “Eco-Schools” como exemplos concretos da viabilidade e dos benefícios de projetos práticos, como hortas e infraestruturas de eficiência energética, corroborados por estudos que mostram maior efetividade da educação ambiental baseada em atividades hands-on (Rickinson, 2001).

Resultados e discussão

A análise realizada permite delinear uma proposta concreta de atuação integrada. No âmbito curricular e pedagógico, propõe-se a integração sistemática dos ODS, com a previsão de, no mínimo, uma hora/aula semanal dedicada ao tema, transversal a diversas disciplinas. Esta integração deve ser acompanhada de atividades práticas obrigatórias, como a manutenção de hortas pedagógicas, sistemas de compostagem, captação e reuso de água da chuva, que materializam os conceitos em aprendizado experiencial.

Na esfera da infraestrutura física das escolas, o modelo prevê a implementação faseada de tecnologias sustentáveis, como sistemas de energia solar fotovoltaica, iluminação de LED e sensores de presença para eficiência energética. A viabilização deste eixo depende crucialmente do engajamento do setor privado. Os mecanismos de incentivo propostos incluem: (I) benefícios fiscais diretos (como isenções ou reduções de tributos) para empresas que investirem em projetos de eficiência energética ou geração renovável em escolas públicas; (II) a certificação de créditos de carbono e/ou de impacto socioambiental gerados por esses projetos, criando um ativo financeiro para as empresas; e (III) o reconhecimento formal do investimento como uma ação de alto impacto nos relatórios ESG das empresas, melhorando seus indicadores junto a investidores e ao mercado.

O papel do setor público é fundamental para garantir a equidade, a universalidade do acesso e a qualidade pedagógica do programa. Cabe ao Estado, por meio do Ministério

da Educação e das secretarias estaduais e municipais, definir as diretrizes nacionais, fornecer formação continuada para os professores, assegurar que os projetos tenham alcance nacional (inclusive em escolas de regiões menos atrativas para o investimento privado) e exercer a fiscalização e a avaliação contínua dos resultados. A governança do programa deve ser compartilhada, com comitês gestores que incluam representantes do poder público, das empresas investidoras, dos docentes e da comunidade escolar.

Casos como o das “Eco-Schools” demonstram que tal modelo gera benefícios múltiplos, aumentando o engajamento dos alunos, reduzindo os custos operacionais das escolas (com energia e água), criando laboratórios vivos para o aprendizado e projetando uma imagem de inovação e responsabilidade para as empresas envolvidas. A discussão salienta, contudo, a necessidade de critérios claros para evitar o greenwashing e garantir que as parcerias realmente gerem impacto positivo mensurável, e não apenas reputacional.

Conclusão

A repartição de competências entre o setor público e o privado não é apenas viável, mas se apresenta como uma condição necessária para a implementação de políticas de sustentabilidade ambiciosas, eficazes e em larga escala, sobretudo em um setor social estratégico como a educação. Esta pesquisa demonstra que é possível elaborar arranjos institucionais sinérgicos, nos quais o Estado cumpre seus objetivos constitucionais e internacionais de promoção da educação de qualidade e da proteção ambiental, enquanto o setor privado agrega eficiência, inovação tecnológica e recursos financeiros, obtendo em contrapartida ganhos tangíveis em reputação, valorização de marca, redução de riscos regulatórios e financeiros, e melhoria concreta de seus indicadores ESG.

O modelo proposto, centrado na integração curricular dos ODS e na modernização sustentável da infraestrutura escolar via parcerias incentivadas por mecanismos ESG, oferece um caminho prático para a concretização da Agenda 2030 no Brasil. Ele requer, contudo, um marco regulatório claro e estável, capacidade de gestão pública qualificada e um compromisso genuíno de todos os atores com os resultados de longo prazo. A escola, assim, transforma-se em um núcleo produtor de sustentabilidade e consciência cidadã, exemplificando na prática a governança colaborativa necessária para os desafios do século XXI.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 10 dez. 2025.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente*. **Programa Escolas Sustentáveis**. Brasília: MMA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental/programa-escolas-sustentaveis.html>. Acesso em: 10 dez. 2025.

FOUNDATION FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION (FEE). **Eco-Schools**. [s.l.], 2023. Disponível em: <https://www.ecoschools.global>. Acesso em: 10 dez. 2025.

HOOGHE, L.; MARKS, G. Unraveling the Central State, but How? Types of Multi level Governance. **American Political Science Review** 97(2), 2003, p. 233-243.

MCKINSEY & COMPANY. *Five ways that ESG creates value*. **McKinsey Quarterly**, Nova York, 2019.

RICKINSON, M. *Learners and Learning in Environmental Education: A critical review of the evidence*. **Environmental Education Research** 7(3), 2001, p. 207-320.

UNESCO. **Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives**. Paris: UNESCO, 2017.

DESAFIOS E DESENVOLVIMENTO ENTRE NEGÓCIOS E SERVIÇOS: A PRESERVAÇÃO DO ESPAÇO URBANO NO DIÁLOGO ENTRE O ESTADO DE DIREITO E A SOCIEDADE CIVIL^[1]

Júlia Bahri^[2]

Introdução

As cidades contemporâneas são palco de intensas disputas, onde a dinâmica do capital e as demandas por qualidade de vida colidem. De um lado, projetos de negócios e serviços impulsionam o crescimento econômico, geram empregos e modernizam a infraestrutura; de outro, esse mesmo avanço, quando desregulado, ameaça o patrimônio cultural, a coesão social e o equilíbrio ambiental. O espaço urbano, que deveria ser o lócus da vida coletiva e do exercício da cidadania, torna-se cada vez mais um produto, uma mercadoria cujo valor de troca suplanta seu valor de uso. Este processo, amplamente analisado por teóricos como Henri Lefebvre (1991) e David Harvey (2013), coloca em xeque a própria noção de direito à cidade.

Este trabalho parte da seguinte problemática: de que maneira é possível conciliar o dinamismo econômico, impulsionado por negócios e serviços, com a necessidade de preservar o espaço urbano como um bem coletivo, garantindo sua função social e a participação democrática em sua gestão? Para responder a essa questão, a pesquisa se debruça sobre a tensão entre a lógica de mercado e os marcos regulatórios do Estado de Direito, com foco na realidade brasileira. Analisamos não apenas os instrumentos jurídicos disponíveis, como o Plano Diretor e o Estatuto da Cidade, mas também as práticas políticas e sociais que determinam sua eficácia.

A relevância desta investigação reside na urgência de se formularem políticas urbanas que transcendam a dicotomia entre desenvolvimento e preservação. Em um cenário de crescente desigualdade socioespacial, gentrificação e privatização de espaços públicos, compreender os mecanismos que perpetuam essa lógica é o primeiro passo para construir alternativas. Assim, este estudo busca oferecer um diagnóstico crítico e propositivo, dialogando com a teoria urbana, a ciência política e o direito para iluminar caminhos em direção a cidades mais justas, inclusivas e democráticas.

Em síntese, esta pesquisa investiga a complexa interlocução entre o avanço de projetos de negócios e a necessária preservação do espaço urbano, analisando os mecanismos jurídico políticos que mediam essa relação. O objetivo central foi compreender como o direito à cidade, conceito consolidado por teóricos como David Harvey e Raquel Rolnik, pode ser efetivado diante da crescente mercantilização dos espaços urbanos. A metodologia articulou pesquisa bibliográfica e documental, fundamentada na teoria da esfera

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação do Professor Getúlio Nascimento Braga Júnior do Ibmec-RJ.

[2] Graduada em Direito no Ibmec-RJ e membra do Grupo de Pesquisa Sociedade Civil e Estado de Direito: mutações e desenvolvimento (DGP/CNPq-IBMEC). www.socedir.com.br.

pública de Jürgen Habermas e nos princípios do direito público brasileiro, como a função social da cidade e da propriedade. Os resultados apontam para uma captura recorrente dos instrumentos de planejamento urbano pela lógica de mercado, esvaziando o potencial transformador de marcos como o Estatuto da Cidade. A participação social, embora formalmente prevista, revela-se frequentemente insuficiente para contrapor interesses econômicos dominantes, transformando a gestão democrática em um desafio contínuo. Conclui-se que a superação desse quadro exige o fortalecimento da sociedade civil e a repolitização do debate urbano, visando a construção de modelos de desenvolvimento mais justos e democráticos.

Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a interlocução entre projetos de negócios e serviços e as práticas de preservação do espaço urbano, visando propor diretrizes integradas para um planejamento e gestão municipal mais equitativos e participativos. Para alcançar este fim, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

1. Mapear o arcabouço jurídico-urbanístico nacional e internacional que rege a proteção do espaço urbano, identificando seus avanços, limites e contradições.
2. Identificar e analisar boas práticas de projetos empresariais que demonstram ser possível aliar sucesso econômico ao respeito aos valores do patrimônio histórico, cultural e ambiental, bem como à inclusão social.
3. Avaliar, por meio de estudos de caso em cidades brasileiras de médio e grande porte (com foco em Rio de Janeiro e Curitiba), como os conflitos entre capital e comunidade se manifestam e são mediados no território.
4. Elaborar propostas de diretrizes para órgãos públicos e para a iniciativa privada, com o intuito de fomentar um modelo de desenvolvimento urbano que fortaleça a governança participativa e a função social da cidade.

Metodologia

Para dar conta da complexidade do objeto de estudo, optou-se por uma abordagem qualitativa, que permite aprofundar a compreensão de fenômenos sociais, políticos e jurídicos em sua contextualidade. A estratégia metodológica foi desenhada em quatro etapas complementares:

- **Análise Documental e Bibliográfica:** Realizou-se um levantamento exaustivo da legislação pertinente (Constituição Federal, Estatuto da Cidade, leis de uso e ocupação do solo, planos diretores), bem como de relatórios institucionais e da produção acadêmica indexada em bases como SciELO, Web of Science e DOAJ. Esta etapa fundamentou a construção do referencial teórico e a análise crítica dos instrumentos de política urbana.
- **Estudo de Caso Comparativo:** Foram selecionados dois bairros em cidades brasileiras com perfis distintos de planejamento e conflito urbano: um no Rio de Janeiro, marcado por transformações impulsionadas por megaeventos e especulação imobiliária, e outro em Curitiba, cidade reconhecida por seu histórico de planejamento, mas que também enfrenta desafios de segregação. A análise focou em processos de licenciamento de grandes empreendimentos e em disputas por espaços públicos.
- **Entrevistas Semiestruturadas:** Seguindo a orientação de Flick (2009), foram conduzidas entrevistas com atores-chave nos casos estudados, incluindo gestores públicos da área de planejamento urbano, empresários do setor imobiliário e de serviços, e repre-

sentantes de associações de moradores e movimentos sociais. O objetivo foi captar as diferentes percepções, interesses e estratégias em jogo na produção do espaço.

- **Análise Comparativa:** Os dados coletados foram sistematicamente cruzados e interpretados à luz do arcabouço teórico. A análise buscou contrastar o discurso oficial e a letra da lei com as práticas concretas, avaliando os resultados sob os prismas da competitividade urbana (Porter, 1998) e, fundamentalmente, da justiça espacial (Rawls, 1971; Harvey, 2013).

Fundamentação teórica

A pesquisa se ancora em um diálogo interdisciplinar, articulando três eixos teóricos principais:

O primeiro eixo é o do Direito à Cidade e da Crítica à Urbanização Neoliberal. Partimos da formulação seminal de Henri Lefebvre (1991), que define o direito à cidade não como um simples direito de acesso, mas como um direito à produção e apropriação coletiva do espaço urbano. Essa perspectiva é aprofundada por David Harvey (2013), que analisa como o capitalismo se reproduz através da urbanização, transformando a cidade em uma fronteira para a acumulação de capital e gerando processos de espoliação. No contexto brasileiro, Raquel Rolnik (2016) expõe a “guerra dos lugares”, detalhando como a financeirização da terra e da moradia intensifica a segregação e a exclusão.

O segundo eixo é o da Teoria do Direito, do Estado e da Democracia. A teoria da esfera pública de Jürgen Habermas (1984) oferece um modelo normativo para pensar a participação social na deliberação sobre políticas públicas, incluindo o planejamento urbano. Este ideal é confrontado com a realidade do sistema jurídico-político brasileiro. A análise se vale de juristas como José Afonso da Silva (2005) e Celso Antônio Bandeira de Mello (2019) para interpretar os princípios constitucionais da função social da cidade e da propriedade. A filosofia do direito, com John Rawls (1971) e seu princípio da diferença, e Ronald Dworkin (1977) e sua defesa dos direitos como “trunfos”, fornece um arcabouço ético para avaliar a legitimidade e a justiça das políticas urbanas.

O terceiro eixo aborda as Perspectivas Econômicas e Administrativas. A análise do papel dos negócios no espaço urbano dialoga com a teoria dos clusters de Michael Porter (1998), que destaca como a concentração geográfica de empresas pode gerar inovação e competitividade. Contudo, essa visão é tensionada pela crítica de que o foco exclusivo na eficiência econômica pode ignorar custos sociais e ambientais. Do ponto de vista do Direito Administrativo, autores como Maria Sylvia Zanella Di Pietro (2007) e Hely Lopes Meirelles (2020) são fundamentais para compreender os instrumentos de poder de polícia do Estado, como o licenciamento e a fiscalização, e seus limites na regulação da atividade econômica no território.

Resultados e discussão

A análise dos dados revelou uma profunda dissonância entre o potencial transformador do arcabouço jurídico-urbanístico brasileiro e sua efetiva aplicação. Os resultados podem ser sintetizados em três pontos centrais:

1. **A Captura dos Instrumentos de Planejamento:** A pesquisa documental e os estudos de caso demonstraram que instrumentos concebidos para promover a função social da cidade, como as Operações Urbanas Consorciadas e a Outorga Onerosa do Direito de Construir, são frequentemente instrumentalizados para atender aos interesses do mercado imobiliário. Em vez de servirem como ferramentas de redistribuição e qualificação de áreas carentes, acabam por legitimar e viabilizar grandes projetos privados, intensi-

ficando a valorização do solo e aprofundando processos de gentrificação. Conforme aponta Carlos Vainer (2011), a cidade se torna um “negócio”, e o planejamento, antes um campo de disputa política, é reduzido a uma técnica de gestão a serviço do capital, configurando uma “cidade de exceção”.

2. A Insuficiência dos Canais de Participação: As entrevistas com representantes da sociedade civil foram unânimes em apontar a fragilidade dos espaços participativos, como audiências públicas e conselhos municipais. Embora formalmente democráticos, esses canais são muitas vezes percebidos como meramente consultivos e protocolares. A assimetria de poder e de acesso à informação entre grandes empreendedores, o poder público e os cidadãos comuns torna o debate desigual. A esfera pública, no sentido habermasiano, se mostra fragmentada e incapaz de gerar um consenso racional, prevalecendo a lógica do poder econômico e político. Os movimentos sociais, embora resilientes, atuam mais na resistência e na denúncia do que na formulação propositiva das políticas.

3. A Tensão entre Modelos de Desenvolvimento: A comparação entre os casos do Rio de Janeiro e de Curitiba revelou nuances importantes. No Rio, a lógica da “cidade espetáculo”, impulsionada por megaeventos, exacerbou a remoção de comunidades e a privatização da orla e de espaços públicos. Em Curitiba, um modelo historicamente mais tecnocrático de planejamento, embora tenha gerado soluções inovadoras em transporte e meio ambiente, também demonstrou limites na promoção da inclusão social, com a persistência de uma forte segregação entre o centro planejado e as periferias. Ambos os casos evidenciam que não há um modelo único e que, sem um controle social robusto e uma vontade política clara de priorizar a justiça espacial, tanto o planejamento neoliberal quanto o tecnocrático podem falhar em garantir o direito à cidade para todos.

Conclusão

Este estudo confirmou a hipótese central de que existe um conflito estrutural entre a lógica de expansão de negócios e serviços e a preservação do espaço urbano como um bem coletivo. O Estado de Direito, com seu sofisticado aparato jurídico, tem se mostrado ambíguo: ao mesmo tempo que oferece ferramentas para a construção de cidades mais justas, também pode ser capturado para legitimar a mercantilização do território.

A efetivação do direito à cidade não depende apenas da criação de mais leis ou de melhores planos, mas fundamentalmente da repolitização do debate urbano. É preciso fortalecer a sociedade civil organizada, garantir a transparência nos processos decisórios e criar mecanismos de participação que superem o caráter meramente formal. A coexistência entre desenvolvimento econômico e preservação urbana só será possível a partir de um novo pacto social, no qual a função social da cidade e da propriedade se sobreponham aos interesses privados e imediatistas.

Para futuras pesquisas, sugere-se aprofundar a análise sobre o impacto das novas tecnologias (como aplicativos de serviço e plataformas de aluguel) na reconfiguração do espaço urbano, bem como investigar novas formas de ativismo e governança colaborativa que emergem como resposta aos desafios aqui apontados. A construção de cidades mais humanas e democráticas é um processo contínuo de disputa e aprendizado, e a academia tem um papel crucial a desempenhar nesse debate.

REFERÊNCIAS

ALFONSIN, B.; FERNANDES, E. (Eds.). **Direito Urbanístico e Política Urbana no Brasil**. Belo Horizonte: Del Rey, 2014.

- BARROSO, L. R. **Curso de Direito Constitucional Contemporâneo**. São Paulo: Saraiva, 2013.
- DI PIETRO, M. S. Z. **Direito Administrativo**. São Paulo: Atlas, 2007.
- DWORKIN, R. **Taking Rights Seriously**. Cambridge: Harvard University Press, 1977.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009. HABERMAS, J. **Mudança Estrutural da Esfera Pública**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1984.
- HARVEY, D. **Cidades Rebeldes: Do direito à cidade à revolução urbana**. São Paulo: Boitempo, 2013.
- JACOBS, J. (2011). **Morte e Vida de Grandes Cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2011. (Obra original publicada em 1961).
- LEFEBVRE, H. **O Direito à Cidade**. São Paulo: Centauro, 1991.
- MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2020.
- MELLO, C. A. B. de. **Curso de Direito Administrativo**. São Paulo: Malheiros, 2019.
- PEREIRA, G. C.; KATO, V. R. C. **A Produção do Espaço Urbano: Agentes e Processos**. São Paulo: Contexto, 2021.
- PIOVESAN, F. **Direitos Humanos e o Direito Constitucional Internacional**. São Paulo: Saraiva, 2000.
- PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- RAWLS, J. **A Theory of Justice**. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- ROLNIK, R. **Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças**. São Paulo: Boitempo, 2016.
- SANTOS, M. **Por uma outra globalização**. Rio de Janeiro: Record, 1996.
- SILVA, J. A. da. Curso de Direito Constitucional Positivo. São Paulo: Malheiros, 2005. VALNER, C. A cidade como negócio: notas sobre a “cidade de exceção”. **Revista Cidades**, 8(13), 2011, p. 9-27.

IMPOSTO DE RENDA: UMA ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS DO SISTEMA TRIBUTÁRIO BRASILEIRO NA DESIGUALDADE DE GÊNERO^[1]

Nathany Rocha Paranhos^[2]

Introdução

Este trabalho tem como tema central o Imposto de Renda da Pessoa Física (IRPF) e sua relação com a desigualdade de gênero no contexto do sistema tributário brasileiro. A partir de uma análise crítica, o estudo busca compreender como características estruturais do IRPF, como pessoalidade, universalidade, generalidade e progressividade, podem tanto reproduzir quanto mitigar desigualdades históricas entre homens e mulheres. Trata-se de uma análise de situação com base bibliográfica e legislativa fundamentada em dados oficiais e estudos acadêmicos, com abordagem qualitativa. Os resultados revelam que, embora o IRPF tenha potencial de promover justiça fiscal, sua atual estrutura apresenta falhas relevantes, como a insuficiente progressividade, a defasagem nas deduções permitidas e a isenção de rendimentos concentrados em homens e nas camadas mais ricas, o que acaba penalizando de forma indireta as mulheres, especialmente aquelas em situação de maior vulnerabilidade.

O sistema tributário brasileiro, embora tenha que cumprir a função arrecadatória do Estado, também se revela como um dos principais instrumentos de realização dos valores constitucionais consagrados pelo Estado Democrático de Direito. Nesse sentido, assume um papel importante na promoção de equidade e inclusão, especialmente quando confrontado com as desigualdades estruturais que permeiam a sociedade brasileira, entre elas, a desigualdade de gênero.

A escolha do Imposto de Renda da Pessoa Física como objeto central desta análise não se dá por acaso, visto que a sua natureza pessoal, direta e progressiva, possui, em tese, o maior potencial para refletir a realidade socioeconômica dos contribuintes, sendo, portanto, um campo privilegiado para investigar como a estrutura fiscal brasileira impacta de forma diferenciada homens e mulheres. No entanto, sua concepção e aplicação revelam omissões e distorções que acabam por reforçar desigualdades históricas, tornando invisíveis as cargas adicionais impostas às mulheres tanto no mercado de trabalho quanto no espaço doméstico e no consumo.

A trajetória da desigualdade de gênero evidencia a desvalorização do trabalho feminino, intensificada pelo capitalismo, que manteve o trabalho doméstico invisível e desconsiderado economicamente. Essa lógica se reproduz no mercado formal, onde mulheres recebem salários menores, enfrentam barreiras profissionais e sofrem impactos diretos da maternidade.

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação da Professora Eliana Pulcinelli do Ibmec-RJ.

[2] Bacharel em Direito pelo Ibmec-RJ.

Assim, este trabalho propõe não apenas uma análise crítica da tributação sob a ótica de gênero, mas também uma reflexão sobre o papel do Direito Tributário na construção de uma sociedade mais justa, plural e democrática. Ao lançar luz sobre as interseções entre gênero, renda e tributação, reafirma-se a necessidade de uma reformulação comprometida com a dignidade da pessoa humana e com a superação das desigualdades históricas que ainda estruturam o Brasil contemporâneo.

Metodologia

A metodologia adotada no presente trabalho consistiu em uma análise pautada em pesquisa bibliográfica e legislativa, fundamentada em dados oficiais e estudos acadêmicos. A investigação teve caráter qualitativo, buscando compreender de que forma a estrutura normativa e a aplicação prática do Imposto de Renda da Pessoa Física (IRPF) se relacionam com a desigualdade de gênero. Para tanto, foram utilizados relatórios oficiais de órgãos como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Secretaria do Tesouro Nacional, além de pesquisas acadêmicas que tratam da temática da tributação e das relações de gênero. A abordagem escolhida permitiu realizar uma reflexão crítica sobre a função distributiva do sistema tributário e suas limitações, observando as conexões entre teoria, legislação e prática fiscal no Brasil.

Objetivos

O objetivo central do estudo foi analisar criticamente os efeitos do Imposto de Renda da Pessoa Física (IRPF) na desigualdade de gênero no Brasil. A escolha desse tributo como objeto de investigação decorre de sua natureza pessoal, direta e progressiva, que, em tese, possibilita captar a realidade socioeconômica dos contribuintes de forma mais equitativa. Nesse sentido, a pesquisa buscou identificar se o imposto atua como instrumento de justiça fiscal e de correção de distorções sociais ou se, ao contrário, reforça desigualdades históricas entre homens e mulheres. Além disso, pretendeu-se evidenciar os limites e as distorções existentes na estrutura do imposto, assim como estimular o debate sobre a necessidade de reformulação do sistema tributário brasileiro à luz dos princípios constitucionais da isonomia, da capacidade contributiva e da justiça social.

Fundamentação teórica

O presente trabalho se utilizou de três dimensões centrais: a desigualdade de gênero ao longo da história, as características estruturais do sistema tributário brasileiro e, por fim, a análise crítica do Imposto de Renda da Pessoa Física (IRPF) como instrumento de justiça fiscal no que tange à desigualdade de gênero.

No primeiro eixo, abordou-se a desigualdade de gênero a partir de uma perspectiva histórica e social que, conforme evidenciado por Gerda Lerner (2019), é possível verificar que o patriarcado é resultado de um processo histórico de mais de 2.500 anos, que consolidou a subordinação das mulheres através da família patriarcal como unidade básica da sociedade. Silvia Federici (2017), por sua vez, demonstrou como o trabalho doméstico não remunerado, historicamente naturalizado, foi invisibilizado e excluído da esfera econômica formal, reforçando a exploração da mão de obra feminina. Angela Davis (2016) complementa essa perspectiva ao apontar que o processo de industrialização intensificou a desvalorização do trabalho doméstico, que deixou de ser considerado relevante no sistema capitalista, ainda que essencial à reprodução social.

No segundo eixo, referente ao sistema tributário brasileiro, foi demonstrado que a estrutura fiscal é predominantemente regressiva, pois se apoia em tributos indiretos que incidem sobre o consumo, onerando proporcionalmente mais os indivíduos de baixa renda. Essa

configuração fere os princípios constitucionais da capacidade contributiva e da isonomia, previstos na Constituição Federal de 1988. Sendo assim, conforme defende Piscitelli (2018), a justiça fiscal pressupõe que o ônus tributário seja distribuído de acordo com a aptidão econômica de cada contribuinte, sendo inaceitável que indivíduos em situações desiguais arquem com encargos equivalentes.

O terceiro eixo de análise recai sobre o Imposto de Renda da Pessoa Física que por sua natureza pessoal e progressiva, poderia atuar como mecanismo de correção das desigualdades sociais. Contudo, na prática, apresenta falhas estruturais que são evidenciadas por Isabelle Rocha (2021) ao expor que a maior parte da arrecadação ainda incide sobre rendimentos do trabalho, enquanto lucros e dividendos permanecem isentos, favorecendo os detentores de capital. Essa distorção se agrava diante do fato de que, segundo dados da B3 (2025), 73,74% dos investidores da bolsa de valores brasileira são homens, contra 26,26% de mulheres, de modo que a política de isenção reforça desigualdades de gênero.

Assim, verifica-se que, embora o IRPF possua potencial para refletir a capacidade contributiva e reduzir desigualdades, sua aplicação revela uma série de omissões que perpetuam assimetrias históricas entre homens e mulheres, tornando-se necessária a revisão de sua estrutura normativa.

Resultados e discussão

Conclui-se através da presente pesquisa que, embora o Imposto de Renda da Pessoa Física possua potencial para atuar como instrumento de justiça fiscal e mitigação das desigualdades sociais, na prática apresenta falhas significativas que comprometem sua função distributiva. A progressividade do imposto, embora prevista constitucionalmente, é insuficiente diante da defasagem das tabelas e das deduções legais, o que penaliza de forma indireta os contribuintes de menor renda.

O Sistema Tributário por possuir maior predominância em tributos indiretos, penaliza as mulheres de forma desproporcional, sobretudo aquelas em situação de vulnerabilidade social, visto que representam a maior parte da população de baixa renda e, além disso, acumulam jornadas duplas de trabalho em razão da economia do cuidado, conforme dados apontados pelo IBGE (2022), já que as mulheres dedicam, em média, 21,3 horas semanais aos afazeres domésticos e cuidados, contra 11,7 horas dos homens.

Em relação ao Imposto de Renda, a pesquisa mostrou que sua atual configuração não contribui para a redução dessas desigualdades. A progressividade é insuficiente, pois a tabela de alíquotas encontra-se defasada e as deduções legais não acompanham a realidade dos custos sociais (ROCHA, 2021). Além disso, a isenção sobre lucros e dividendos se revelou como uma das principais falhas do sistema, uma vez que privilegia a parcela mais rica da população, formada em sua maioria por homens, como demonstrado pela B3 (2025).

Por fim, os resultados demonstraram que, embora o IRPF seja um dos tributos com maior potencial para a promoção da justiça social, ele ainda não cumpre integralmente essa função, ao contrário, contribui para manter desigualdades de gênero já consolidadas histórica e estruturalmente.

Conclusão

O sistema tributário brasileiro, embora estruturado para cumprir a função arrecadatória do Estado, também carrega uma responsabilidade social, sendo um dos principais instrumentos de concretização dos valores constitucionais, como a isonomia, a capacidade

contributiva e a justiça social. Nesse contexto, o Imposto de Renda da Pessoa Física (IRPF), por sua natureza pessoal, direta e progressiva, revela-se o tributo mais adequado para a análise das desigualdades estruturais presentes na sociedade brasileira, em especial a de gênero.

A desigualdade entre homens e mulheres tem raízes históricas e sociais profundas. O trabalho feminino, antes valorizado no período neolítico, foi progressivamente desvalorizado com a consolidação do capitalismo, que passou a atribuir menor importância a atividades como cuidado, educação e afazeres domésticos, geralmente atribuídas às mulheres. Essa desvalorização reflete-se na atual realidade, em que mulheres acumulam maiores cargas de trabalho, recebem salários inferiores e enfrentam obstáculos profissionais, sobretudo relacionados à maternidade.

No âmbito fiscal, constatou-se que o sistema, em vez de reduzir desigualdades, as reforça. A elevada carga de tributos sobre o consumo desrespeita o princípio da capacidade contributiva, onerando desproporcionalmente a população de baixa renda, em que as mulheres são maioria. Embora o IRPF tenha potencial de ser um instrumento de justiça social, sua estrutura atual apresenta pouca progressividade real, deduções defasadas e isenções que favorecem as classes mais altas, predominantemente masculinas, configurando um cenário de injustiça fiscal.

Além disso, fenômenos como a Pink Tax evidenciam de forma concreta a desigualdade de gênero, mostrando como a tributação indireta impacta mais as mulheres. Ainda assim, a legislação permanece omissa, sem refletir a real capacidade financeira das contribuintes. Contudo, o Direito Tributário dispõe de instrumentos para enfrentar essa realidade: propostas como a ampliação de deduções, criação de créditos tributários para mães, valorização do trabalho doméstico e incentivo ao afroempreendedorismo feminino apontam caminhos possíveis para maior equidade.

Assim, mais do que arrecadar, a tributação deve assumir seu papel transformador, comprometido com a dignidade da pessoa humana e a justiça social. O IRPF, quando estruturado sob a perspectiva de gênero, pode se tornar um verdadeiro instrumento de promoção da equidade, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa, inclusiva e democrática.

REFERÊNCIAS

B3. **Perfil do investidor pessoa física**. São Paulo: Bolsa de Valores do Brasil, 2025.

DAVIS, Angela. **Mulher, raça e classe**. São Paulo: Boitempo, 2016.

FEDERICI, Silvia. **O ponto zero da revolução: trabalho doméstico, reprodução e luta feminista**. São Paulo: Elefante, 2017.

IBGE. **Estatísticas de gênero: indicadores sociais das mulheres no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

LERNER, Gerda. **A criação do patriarcado**. São Paulo: Cultrix, 2019.

PISCITELLI, Tathiane. **Curso de Direito Tributário**. São Paulo: Saraiva, 2018.

ROCHA, Isabelle. **Gênero e tributação: desigualdades estruturais**. São Paulo: RT, 2021.

A REGULAÇÃO DO HIDROGÊNIO NO BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS JURÍDICAS NA CONSOLIDAÇÃO DO NOVO MERCADO^[1]

Thainá Souza de Abreu^[2]

Introdução

A crise climática mundial suscitou o debate sobre a implementação do conceito de transição energética como ferramenta de mitigação dos danos ambientais mediante a utilização de fontes renováveis de energia e a consequente redução das emissões de gases de efeito estufa. Nesse cenário, a indústria do petróleo e de seus derivados observou uma oportunidade de expansão do mercado e diversificação do portfólio empresarial, por meio do aperfeiçoamento das atividades exploratórias de menor impacto ambiental e do uso de fontes renováveis de energia.

A capacidade energética do hidrogênio natural e a vasta matriz energética existente no território brasileiro ensejaram a estruturação de um novo mercado, focado no uso do hidrogênio de baixa emissão de carbono e na utilização de técnicas produtivas menos danosas ao meio ambiente.

A crise climática global é o resultado da atividade humana fundada na exploração desmedida de recursos naturais, especialmente a relacionada à queima de combustíveis fósseis para geração de energia. Nesse contexto, a transição energética é uma alternativa para contenção dos efeitos climáticos a partir da substituição do consumo de fontes fósseis por renováveis, objetivando a implementação de um novo modelo de produção de menor impacto ambiental.

O debate da comunidade internacional sobre a contenção das emissões de gases de efeito estufa (GEE) visa promover a reestruturação da economia mundial, historicamente dependente da exploração do petróleo e da queima de combustíveis fósseis, em um novo modelo industrial baseado em fontes renováveis, preservando, contudo, a eficiência energética.

Portanto, o estudo analisa a influência da governança climática e das medidas de contenção das emissões de GEE previstos nos acordos internacionais na implementação do conceito de transição energética. O Brasil se destaca mundialmente devido a vasta matriz energética renovável existente em seu território, o que torna o país potencialmente líder da transição energética mundial.

Entretanto, diante da necessidade de alteração do modelo industrial tradicional baseado no consumo de combustíveis fósseis, o estudo observa a escolha do país na utilização do hidrogênio de baixa emissão de carbono como vetor da transição energética, as ações governamentais de fomento ao novo mercado, analisando também as dificuldades de implementação do modelo de produção e distribuição de hidrogênio no território nacional.

[1] Resumo expandido elaborado sob a orientação da Professora Carla Izolda Fiuza Costa Marshall do Ibmec-RJ.

[2] Advogada. Bacharel em Direito pelo Ibmec-RJ.

Em síntese, a pesquisa tem como objetivo avaliar a atuação do poder público na regulamentação do mercado de hidrogênio brasileiro, enfatizando a importância das políticas públicas no fomento da atividade econômica, no estímulo à inovação e no desenvolvimento do conhecimento técnico voltado ao aprimoramento e à superação das dificuldades inerentes ao negócio.

Para tanto, adotou-se a metodologia de pesquisa qualitativa, bibliográfica, documental e normativa, com base na legislação vigente à época da pesquisa, obtendo como resultado o alcance do compromisso internacional de redução das emissões de carbono e o desenvolvimento econômico e industrial no país.

Concluiu-se, portanto, que, apesar das vantagens advindas da escolha de uma substância renovável e da atuação proativa do poder público na regulação do setor, a indústria ainda enfrenta entraves, como o alto custo de produção e exploração, a existência de riscos oriundos do manuseio da substância inflamável e a ausência de infraestrutura adequada à atividade econômica.

Metodologia

A pesquisa adota a metodologia de pesquisa qualitativa, bibliográfica, documental e normativa, visando o entendimento sobre as complexidades inerentes ao tema com base na legislação vigente à época da elaboração do resumo.

Objetivos

A pesquisa tem por objetivos: i) apresentar as iniciativas adotadas pela indústria de óleo e gás brasileira para redução da emissão de carbono mediante a utilização de fontes renováveis; ii) analisar a forma de regulação adotada pelo Estado Brasileiro; iii) avaliar a atuação do Estado no controle e incentivo do desenvolvimento do setor energético; iv) investigar a aderência dos agentes regulados às políticas públicas e a sua influência no desenvolvimento do setor econômico.

Resultados

A partir da análise do contexto da crise climática mundial e necessidade de readaptação do modelo industrial tradicional pautado na utilização de fontes fósseis de energia, o estudo concluiu que a criação do mercado de hidrogênio demonstra o compromisso internacional do Brasil na implementação da transição energética e redução das emissões de gases de efeito estufa, preservando, sobretudo, a eficiência energética e o abastecimento nacional através do uso de uma fonte renovável.

Ademais, a atuação do poder público, em especial das agências reguladoras, faz-se necessária e relevante na descrição da produção, desempenho e fiscalização da atividade econômica. Nesse sentido, o papel das agências reguladoras também consiste na mitigação dos riscos inerentes ao seu exercício, que apesar da vantagem econômica, também detém entraves relacionados as características físico-químicas do hidrogênio, como a sua volatilidade e inflamabilidade, o que deve ser avaliado e fiscalizado constantemente.

Portanto, o trabalho observa a ausência de infraestrutura apropriada ao exercício da atividade de produção, armazenamento e distribuição do hidrogênio no território nacional à época da elaboração do trabalho. Além do exposto, conclui-se que a transição energética apresenta uma oportunidade para o setor privado diversificar o portfólio empresarial e investir em um novo setor econômico rentável e com políticas públicas atrativas para obtenção de incentivos fiscais e de infraestrutura.

Nesse cenário, o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono também dispõe sobre a possibilidade da criação de um ambiente regulatório controlado (*sandboxes regulatórios*), com o objetivo de aprimorar o desenvolvimento da atividade com riscos reduzidos e baixa intervenção do Estado.

Portanto, o resultado alcançado da pesquisa evidencia que, embora a escolha de uma substância renovável represente um avanço no contexto da transição energética, persistem entraves a serem superados, tais como o elevado custo de produção e exploração, os riscos associados ao manuseio da substância inflamável e a carência de infraestrutura adequada ao pleno funcionamento da cadeia produtiva.

Conclusão

A construção do mercado de hidrogênio e sua análise como vetor da transição energética configuram não apenas uma resposta à crise climática, mas também uma oportunidade estratégica para o Brasil reforçar sua matriz energética e integrar-se à economia de baixo carbono. A consolidação desse mercado exige atenção à infraestrutura, ao transporte, à segurança operacional e à viabilidade econômica, sendo os principais entraves o elevado custo de produção e a insuficiência de infraestrutura para armazenamento e distribuição.

Nesse contexto, o fortalecimento do marco regulatório e o estímulo à participação de diversos atores econômicos e sociais tornam-se essenciais para que o país alcance uma transição energética justa, eficiente e alinhada aos compromissos climáticos internacionais. Assim, o hidrogênio deixa de ser apenas uma aposta tecnológica e se consolida como instrumento efetivo de transformação do modelo energético e industrial brasileiro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Implementação do marco regulatório do hidrogênio de baixa emissão de carbono no Brasil**. Brasília, DF: ANP, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/arquivos/implementacaomarcoregulatoriohidrogenio.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2025.

BRASIL. **Lei n. 14.948, de 2 de agosto de 2024**. Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono e outros. Diário Oficial da União, 2024. Acesso em: 9 mai. 2025.

BRASIL. **Lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Diário Oficial da União, 1997. Acesso em: 9 mai. 2025.

BRASIL. **Resolução n. 6, de 23 de junho de 2022**. Institui o Programa Nacional do Hidrogênio, cria o Comitê Gestor do Programa Nacional do Hidrogênio, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2022. Acesso em: 9 mai. 2025.

BRASIL. **Resolução n. 2, de 10 de fevereiro de 2021**. Conselho Nacional de Política Energética. Estabelece orientações sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia do país. Diário Oficial da União, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2021/Resolucao-NPE2021.pdf>. Acesso em: 9 mai. 2025.

BRASIL. **Resolução n. 7, de 19 de fevereiro de 2025**. Conselho Nacional de Política Energética. Altera a Resolução CNPE nº 2, de 10 de fevereiro de 2021, que estabelece orientações sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia do País. Diário Oficial da União, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conse>

lhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2025/Resolucao_CNPE_7altres2.pdf Acesso em: 9 mai. 2025.

BRASIL. **Lei n. 14.993, de 8 de outubro de 2024.** Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono e outros. Diário Oficial da União, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm Acesso em: 9 mai. 2025.

BRASIL. **Lei Complementar n. 182, de 1 de junho de 2021.** Institui o marco legal das startups e do empreendedorismo inovador; e altera a Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, e a Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006. Diário Oficial da União, 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp182.htm Acesso em: 12 jun. 2025.

BRASIL. **Lei n. 13. 576, de 26 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm Acesso em 12 jun. 2025.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.* **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC.** Brasília: MMA, [1992?]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas.html#:~:text=A%20Conven%C3%A7%C3%A3o%2DQuadro%20das%20Na%C3%A7%C3%B5es,humana%20perigosa%20no%20sistema%20clim%C3%A1tico> Acesso em: 23 abr. 2025.

BRASIL. *Ministério de Minas e Energia.* **Entenda a Política Nacional de Biocombustíveis e como funciona o Crédito de Descarbonização (CBIO).** Brasília, DF: MME, 27 mar. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/entenda-a-politica-nacional-de-biocombustiveis-e-como-funciona-o-credito-de-descarbonizacao-cbio>. Acesso em: 4 jun. 2025.

BIATO, Márcia Fortuna. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Revista de Informação Legislativa, v. 42, n. 166, p. 233-251, 2005. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/572/R166-15.pdf?sequence=4&isAllowed=y> Acesso em: 23 abr. 2025.

BEZ, Bianca. *Hierarquia do hidrogênio no Brasil e alguns de seus desafios.* Fevereiro de 2025, **Consultor Jurídico.** Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2025-fev-19/hierarquia-do-hidrogenio-no-brasil-e-alguns-de-seus-desafios/> Acesso em 2 mai. 2025.

BRASIL. *Ministério da Fazenda.* **Plataforma Brasil de Investimento Climático e para a Transformação Ecológica é lançada para ajudar o Brasil a alcançar suas metas de desenvolvimento e clima.** Brasília, DF: MF, 23 out. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/bip/saiba-mais> Acesso em: 11 de jun. 2025.

CARDOSO, João Victor Marques. *No setor de petróleo, a oportunidade de reduzir a pegada de carbono não vem só do hidrogênio verde.* Entrevista concedida a Solange Monteiro. Blog da Conjuntura Econômica, **FGV IBRE**, 12 set. 2023. Disponível em: <https://ibre.fgv.br/blog-da-conjuntura-economica/artigos/no-setor-de-petroleo-oportunidade-de-reduzir-pegada-de-carbono>. Acesso em: 30 mai. 2025.

CHIAPPINI, Gabriel. *Hidrogênio verde, azul, cinza: entenda o que cada cor significa e as perspectivas de desenvolvimento.* **Eixos**, 12 out. 2023. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/hidrogenio-verde-azul-cinza-entenda-o-que-cada-cor-significa-e-as-perspectivas-de-desenvolvimento/>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CHIAPPINI, Gabriel. *Infraestrutura de transmissão preocupa indústria de hidrogênio verde.* **Eixos**, 25 fev. 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/politica/infraestrutura-de-transmissao-preocupa-industria-de-hidrogenio-verde/> Acesso em: 11 de jun. 2025.

CHIAPPINI, Gabriel. *Chamada para hubs de hidrogênio no Brasil recebe 70 propostas com custo médio de US\$ 4,7/kg*. **Eixos**, 3 dez. 2024. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/chamada-para-hubs-de-hidrogenio-no-brasil-recebe-70-propostas-com-custo-medio-de-us-47-kg/> Acesso em: 11 de jun. 2025.

DIAS, Edson dos Santos. *Os (des) encontros internacionais sobre meio ambiente: da Conferência de Estocolmo à Rio+20 – Expectativas e Contradições*. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 39, p. 06–33, 2018. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3538>. Acesso em: 8 mai. 2025.

FASTECH. *Hydrogen hubs: driving the future of clean energy*. **Fastech**, 15 jan. 2024. Disponível em: <https://www.fastechus.com/blog/hydrogen-hubs>. Acesso em: 11 jun. 2025.

FERREIRA, Adriano Fernandes. SOUZA, *Diego da Silva*. CORREA, Oswaldo Negreiros. A mitigação do princípio das responsabilidades comuns, mas diferenciadas, no direito ambiental internacional. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 26 225–26 241, abr. 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n4-230. Disponível em: <https://ojs.brazilian-journals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46449>. Acesso em: 15 jun. 2025.

GODÓY, Sara Gurfinkel Marques de. **O Protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento: uma avaliação da utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/a2ae/aaaebd8f4e9b3ee-99bb73eccc4e2ccd9e1cf.pdf> Acesso em: 23 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA – IBGC. **Boas práticas para uma agenda ESG nas organizações**. São Paulo, 2022. Disponível em: https://conhecimento.ibgc.org.br/Lists/Publicacoes/Attachments/24587/IBGC_Orienta_ESG.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

LEWIS, Kasia Klaczynska; BURZEC, Malwina. **After COP26: The interplay between Article 6 of the Paris Agreement and the Voluntary Carbon Market**, 2021. Disponível em: https://www.ey.com/en_pl/law/after-cop26-the-interplay-between-paris-agreement-and-the-voluntary-carbon-market. Acesso em 30 abr. 2025.

LIMA, Julia Stefany da Silva. **Governança Climática e Inovação: Uma Revisão Sistemática de Literatura das Oportunidades e Limitações do Mercado de Carbono para o Brasil**. João Pessoa, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/29309/1/JSSL21122023.pdf> Acesso em 1 mai. 2025.

LEMONS, José Késsio Floro. *A guerra da Ucrânia e os impactos sobre as estratégias energéticas de Rússia e União Europeia*. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 45, n. 1, p. 81–94, jul. 2024. DOI: 10.5433/1679-0383.2024v45n1p81 Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/51345> Acesso em: 15 jun. 2025.

LAMEIRAS, Fortunado Lobo. **O Hidrogênio como Vetor de Energia**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/lameiras-fortunato-lobo.pdf> Acesso em 1 mai. 2025.

MOTA, Júlia Borges da. *Oportunidades para investimento em inovação: a cláusula de PD&I*. **Eixos**, novembro de 2023. Disponível em: <https://eixos.com.br/energia/oportunidades-para-investimento-em-inovacao-a-clausula-de-pdi/> Acesso em: 7 mai. 2025.

MARSHALL, Carla Izolda Fiuza Costa. **Direito constitucional: Aspectos Constitucionais do Direito econômico**. Forense Universitária, 2007.

MARCELINHO, Lorena. *Brasil lança plataforma para financiamento de projetos verdes*. **Eixos**, 23 out. 2024. Disponível em: <https://eixos.com.br/transicao-energetica/brasil-lanca-plataforma-para-financiamento-de-projetos-verdes/> Acesso em: 11 jun. 2025.

MARSHALL, Carla Izolda Fiuza Costa. FLORES, Nilton Cesar. **O Estado da Arte do Mercado de Crédito de Carbono**. IDPP, 2024. Coletânea de Estudos Avançados do Programa

de Pós-Doutorado em Direito Instituições e Negócios – PPGDIN, UFF. DOI: <https://doi.org/10.17655/9786598165611.4> Acesso em: 16 jun. 2025.

MARSHALL, Carla Izolda Fiuza Costa. GOMES, José Maria Machado. DUARTE, Verônica Teixeira. **Governança Climática e Direitos Humanos**. Rio de Janeiro, 2025. Acesso em 15 jun. 2025.

MARSHALL, Carla Izolda Fiuza Costa. GOMES, José Maria Machado. DUARTE, Verônica Teixeira. Empresas 4.0 e incentivos Environmental, Social and Governance no processo de descarbonização e a transição energética. **Revista Brasileira de Direito Empresarial**, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 1–20, jul./dez. 2023. DOI: 10.26668/IndexLawJournals/2526-0235/2023.v9i2.10191. Disponível em: <https://indexlaw.org/index.php/direitoempresarial/article/view/10191>. Acesso em: 10 jun. 2025.

OLIVEIRA, Leandro Dias de. *Cinquenta anos das Conferências Ambientais da Organização das Nações Unidas: qual é o legado para as condições de saúde humana*. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 12, p. e00130522, 2022. DOI 10.1590/0102-311XPT130522 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/Qvsvy4fZPPGtxN73S5YfbwVv/> Acesso em: 23 abr. 2025.

ONU BRASIL. **Acordo de Paris sobre o clima**. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-08/Acordo-de-Paris.pdf> Acesso em: 28 abr. 2025.

OLIVEIRA, Rafael Carvalho Rezende. *Curso de Direito Administrativo*. 13. ed. Rio de Janeiro: Método, 2025.

PWC Brasil. **Hidrogênio Verde e o Futuro das Matrizes Energéticas**. Nov de 2022. p.7. Disponível em: https://www.pwc.com.br/pt/estudos/setores-atividades/energia/2022/pwc_brasil_tipos-de-hidrogenio-na-industria_22.pdf Acesso em 01 mai. 2025.

RUDY, Gabriela. *O que as refinarias estão fazendo para reduzir as emissões de carbono no Brasil?* **Eixos**, 19 nov. 2024. Disponível em: <https://eixos.com.br/empresas/o-que-as-refinarias-estao-fazendo-para-reduzir-suas-emissoes-de-carbono-no-brasil/#:~:text=O%20que%20ainda%20pode%20ser%20feito?,diz%20o%20diretor%20da%20Honeywell>. Acesso em: 7 mai. 2025.

SILVA, Larissa Tavares da. DANA, Manuela Carneiro. **Regulação do hidrogênio no Brasil: descarbonização do setor de óleo e gás para metas climáticas**. Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2020. ISSN 2525-7579. p.5. Disponível em: https://icongresso.ibp.itarget.com.br/arquivos/trabalhos_completos/ibp/3/final.IBP0737_20_26112020_203039.pdf 6112020_203039.pdf Acesso em: 1 mai. 2025.

SIFFERT, Nelson; ROCHA, Katia. **O mercado do hidrogênio de baixo carbono no Brasil: perspectivas e desafios até 2030**. Brasília, DF: Ipea, 2025. 55 p. (Texto para Discussão, n. 3082). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/16839/1/TD_3082_web.pdf. Acesso em: 2 mai. 2025.

SALOMON, Felipe Kneipp. *Desafios no estímulo ao hidrogênio verde*. **JOTA**, 13 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://www.jota.info/artigos/desafios-no-estimulo-ao-hidrogenio-verde> Acesso em: 9 mai. 2025.

SIRENA, Bianca Canale. **A influência do selo verde na decisão de compra**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Porto Alegre: 02 ago. 2010. Disponível em: https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5904/Bianca+Canale+Sirena_.pdf?sequence=1. Acesso em: 12 jun. 2025.

SILVA, Julio. *A Decisão dos EUA de sair do Acordo de Paris enfraquece os esforços globais contra as mudanças climáticas*. **Jornal da USP no Ar**. Ribeirão Preto: 24 jan. 2025. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/decisao-dos-eua-de-sair-do-acordo-de-paris-enfraquece-os-esforcos-globais-contra-as-mudancas-climaticas/#:~:text=A%20sa%C3%A>

Dda%20do%20Acordo%20tamb%C3%A9m,que%20ser%C3%A1%20realizada%20no%20Brasil. Acesso em: 16 jun. 2025.

SOARES, Kherson Maciel Gomes. *Governança Climática Transnacional: uma análise crítica dos mecanismos de gestão frente aos eventos climáticos extremos*. **Revista Observatório de La Economia Latinoamericana**. Curitiba, v.23, n.2, p. 01-20. 2025, DOI 10.55905/oelv23n2-007. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/8876/5633> Acesso em: 15 jun. 2025.

UNITED NATIONS. **The Paris Agreement**. New York: United Nations, 2015. Available at: <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>. Acesso em: 9 mai. 2025.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Cooperative implementation**. Disponível em: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/cooperative-implementation>. Acesso em: 9 mai. 2025.

CONSIDERAÇÕES DA POSIÇÃO DOS TRIBUNAIS SUPERIORES EM RELAÇÃO ÀS GARANTIAS FIDUCIÁRIAS: TEMAS 1266/STJ, 1158/STJ E 1153/STF

Professor Orientador: Dr. Luiz Dellore

Aluno: Violeta Salemi

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo propor uma pesquisa a fim de analisar e apresentar considerações da atual posição do Judiciário em relação às garantias fiduciárias. A pesquisa concentra-se no debate dos recentes temas estabelecidos pelas cortes superiores. Para isso, serão analisados os Temas 1266, em julgamento no Superior Tribunal de Justiça, e o 1158 que já foi julgado por este Tribunal, mas aguarda o trânsito em julgado. Eles tratam sobre a garantia fiduciária em casos de cobrança de IPTU e condomínio. Por fim, será analisado o Tema 1153 do Supremo Tribunal Federal, que também aguarda o seu trânsito em julgado e é relativo à cobrança de IPVA sobre bens alienados fiduciariamente.

PALAVRAS CHAVES

Superior Tribunal De Justiça (STJ). Supremo Tribunal Federal (STF). Alienação Fiduciária. Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Imposto Sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA).

ABSTRACT

This paper aims to propose a study to analyze and present considerations on the Judiciary's current position regarding fiduciary guarantees. The research focuses on recent issues established by higher courts. To this end, we will analyze Issue 1266, currently under judgment in the Superior Tribunal de Justiça (STJ), and Issue 1158, which has already been judged by this Court but is awaiting final judgment. They address fiduciary guarantees in cases involving the collection of property tax (IPTU) and property maintenance fees. At least, will be analyzed Issue 1153, which has already been judged by the Supremo Tribunal Federal (STF) and is awaiting the final judgment, that concerns the collection of IPVA (Vehicle Property Tax) on assets transferred in fiduciary guarantees.

KEYWORDS

Superior Tribunal de Justiça (STJ). Supremo Tribunal Federal (STF). Fiduciary Alienation. Urban Property and Land Tax (IPTU). Motor Vehicle Property Tax (IPVA).

1. METODOLOGIA

A presente pesquisa pode ser classificada de natureza básica, de abordagem qualitativa, e aos objetivos de explicativa e analítica. Os procedimentos técnicos adotados são de origem bibliográfica, podendo se utilizar de levantamento de dados. O procedimento para a coleta de dados implica em pesquisa bibliográfica analítica e reflexiva, possibilitando ao leitor a construção de um ponto de vista singular.

2. INTRODUÇÃO

O Brasil detém de aproximadamente 1,2 bilhão^[1] de contas bancárias ativas, número que corresponde a cerca de 5,5 vezes a sua população. Tal fenômeno decorre, em grande parte, da ampliação do acesso a celulares com internet^[2] e da facilidade proporcionada pelos serviços bancários digitais, atualmente disponíveis por meio de aplicativos. Nesse contexto, torna-se crucial que o país detenha um sistema bancário seguro e devidamente regulado, visando não apenas proporcionar maior segurança à população, mas também tutelar o crédito de forma atrativa.

Para que tal cenário seja viável, as garantias fiduciárias constituem mecanismos fundamentais à tutela do crédito, pois oferecem maior segurança à população e às instituições financeiras. A estabilidade trazida pela natureza dessas garantias contribui para a redução das taxas de juros, ampliação do acesso ao crédito e aumento da eficiência no sistema de captação de recursos, fatores que, em conjunto, favorecem o crescimento e desenvolvimento econômico nacional.

A alienação fiduciária – modalidade específica de garantia fiduciária que é objeto de análise desse trabalho – possui legislação própria e seus parâmetros são devidamente estabelecidos em Lei, principalmente na Lei 9.514/97^[3]. Entretanto, é evidente que o direito demanda de constante atualização dessas previsões legislativas, haja vista a relevância de um sistema de financiamento aquecido, com condições atrativas, no qual não são permitidas medidas abusivas, tampouco o inadimplemento injustificado ou até mesmo planejado.

Atualmente essa espécie de garantia tem suscitado controvérsias perante os Tribunais Superiores e é diante desse contexto que (i) o Tema 1266 do Superior Tribunal de Justiça definirá se é possível penhorar o imóvel alienado fiduciariamente em decorrência de dívida condominial; (ii) o Tema 1158 do Superior Tribunal de Justiça estabeleceu a tese de que credor fiduciário, antes da consolidação da propriedade e da imissão na posse no imóvel objeto da alienação fiduciária, não pode responder por dívida de IPTU; e (iii) o Tema 1153 do Supremo Tribunal Federal estabeleceu que é inconstitucional a eleição

[1] Oliver Wyman. Panorama do sistema bancário brasileiro: visão do consumidor sobre principalidade e canais bancários. São Paulo: Oliver Wyman, 2024. Disponível em: <https://www.oliverwyman.com/br/nossa-especialidade/insights/2024/july/panorama-do-sistema-bancario-brasileiro.html>.

[2] “O número de usuários ativos no SFN/SPB mais que dobrou desde 2018, em razão principalmente da maior digitalização dos serviços financeiros, impulsionada pelo auxílio emergencial durante a pandemia, do lançamento do Pix e da entrada de novas instituições. Dois marcos foram fundamentais para esse salto na inclusão financeira: a abertura de contas no auxílio emergencial no Caixa Tem decorrente da pandemia da covid-19 e a implementação do Pix em novembro de 2020. O número de usuários ativos cresceu 103,2% no período de junho de 2018 a dezembro de 2023.” (BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de economia bancária 2023. Brasília. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/relatorioeconomiabancaria/reb2023p.pdf>.)

[3] Lei da Alienação Fiduciária.

do credor fiduciário como contribuinte ou responsável tributário do IPVA, ressalvada a hipótese de consolidação plena do bem.

3. A GARANTIA FIDUCIÁRIA: ALIENAÇÃO FIDUCIÁRIA

Inicialmente, para que seja possível a análise dos temas acima mencionados, faz-se necessária a compreensão das garantias fiduciárias, a fim de que não subsistam dúvidas quanto à sua aplicabilidade e finalidade. São duas as suas modalidades, cessão e alienação fiduciária, entretanto apenas a segunda constitui objeto das decisões analisadas na presente pesquisa.

Melhim Chalhub^[4] leciona que a alienação fiduciária é um negócio jurídico inominado pelo qual uma pessoa (fiduciante) transmite a propriedade da coisa ou a titularidade de um direito a outra (fiduciário), a qual se obriga a dar-lhe determinada destinação.

Além disso, Orlando Gomes conceitua a alienação fiduciária como: *o negócio jurídico pelo qual uma das partes adquire, em confiança, a propriedade de um bem, obrigando-se a devolvê-la quando se verifique o acontecimento a que se tenha subordinado tal obrigação, ou lhe seja pedida a restituição.*^[5]

Assim, faz-se necessário definir o termo “propriedade resolúvel”. De acordo com a doutrina de Caio Mario, trata-se daquela que decorre de uma condição resolutiva, sendo, nesse caso, o adimplemento da obrigação principal. Observa-se:

Como todo direito, a propriedade pode ser subordinada a uma condição ou a um termo. Com o implemento da condição resolutiva, extingue-se o direito de propriedade. Com o advento do termo, cessa para o titular o exercício daquele direito. Cogita o art. 1.359^[6] dos efeitos de ambas as modalidades. Com o implemento da condição ou o advento do termo extintivo, consideram-se resolvidos automaticamente os direitos reais concedidos na sua pendência. O proprietário, beneficiado pelo implemento da condição ou advento do termo, recupera o seu domínio livre de toda modalidade. Em consequência, pode reivindicar a coisa, no poder de quem quer que a possua ou detenha.^[7]

Diante dessa relação, o credor fiduciário detém apenas da titularidade formal de um bem, enquanto o devedor permanece na posse direta, podendo utilizar-se deste até o cumprimento da obrigação principal. Trata-se de espécie vinculada ao negócio jurídico praticado entre as partes, com eficácia subordinada ao adimplemento desta obrigação^[8].

[4] CHALHUB, Melhim Namem. *Alienação Fiduciária – Negócio Fiduciário*. 7. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021, p. 65.

[5] GOMES, Orlando. *Direitos Reais - 21ª Edição*. Rio de Janeiro: Forense, 2012. p.357.

[6] Conforme artigo 1.359, do Código Civil (Lei nº 10.406/2002): *“resolvida a propriedade pelo implemento da condição ou pelo advento do termo, entendem-se também resolvidos os direitos reais concedidos na sua pendência, e o proprietário, em cujo favor se opera a resolução, pode reivindicar a coisa do poder de quem a possua ou detenha.”*

[7] PEREIRA, Caio Mário da S. *Instituições de Direito Civil - Vol. IV - 29ª Edição*. Rio de Janeiro: Forense, 2024. p.69.

[8] *“Transmitida a propriedade para fim de garantia, sua resolução se opera no momento em que perde a função, regressando ao patrimônio do primitivo titular. Tal se dá porque o fiduciário a adquire, tão somente, para garantir seu crédito. Trata-se de negócio translativo vinculado a negócio obrigacional, com eficácia subordinada ao adimplemento da obrigação assumida, no contrato, pelo fiduciante.”* (GOMES, Orlando. *Direitos Reais - 21ª Edição*. Rio de Janeiro: Forense, 2012. p.258.)

Além disso, está devidamente positivado que o titular da propriedade do bem é o credor fiduciário. De mesmo modo, à luz do artigo 27, § 8º, da Lei nº 9.514/1997^[9] o devedor fiduciante é responsável pelas dívidas relativas ao bem, não cabendo qualquer responsabilidade ao credor, fato que impacta diretamente nos juros da operação e no seu risco. É em razão dessas disposições que, mesmo em casos de penhoras promovidas por terceiros em face do devedor fiduciante, o gravame incidirá apenas sobre o seu direito de posse.^[10]

Entretanto, mesmo diante de normas tão explícitas, ainda hoje, essa garantia faz-se objeto de questionamentos perante o judiciário em decorrência dos diversos entendimentos divergentes proferidos por diferentes juízos, o que compromete a segurança jurídica. Desse modo, é imprescindível a uniformização da interpretação normativa, para garantir uma maior estabilidade e previsibilidade nas relações jurídicas.

4. O DEBATE RELATIVO À GARANTIA FIDUCIÁRIA NO ÂMBITO DOS TRIBUNAIS SUPERIORES

4.1. TEMA 1266/STJ: DÉBITO CONDOMINIAL

O Tema 1266 do Superior Tribunal de Justiça, originou-se a partir da afetação do Recurso Especial nº 1.874.133/SP e do Recurso Especial nº 1.883.871/SP, em 21 de junho de 2024, e busca pacificar a possibilidade de penhora de imóvel alienado fiduciariamente em decorrência de dívida condominial. Esses Recursos Especiais foram interpostos por condomínios residenciais que buscam a reforma de acórdãos proferidos em sede de segunda instância, ambos pelo Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo, com fundamento no art. 105, III, “a” e “c”^[11], da Constituição Federal.

Nesses recursos, os condomínios Recorrentes alegam em suma, a violação aos artigos 1.345^[12] e 1.368-B^[13] do Código Civil. Isso porque o principal argumento favorável à possibilidade da penhora de imóveis alienados fiduciariamente é o de que as despesas condominiais consistem em obrigação *propter rem* ^[14], ou seja, vinculadas ao imóvel, razão pela qual seria possível a penhora do bem que originou a dívida, ainda que alienado fiduciariamente.

[9] Conforme art. 27, § 8º, da Lei nº 9.514/1997: “*Responde o fiduciante pelo pagamento dos impostos, taxas, contribuições condominiais e quaisquer outros encargos que recaiam ou venham a recair sobre o imóvel, cuja posse tenha sido transferida para o fiduciário, nos termos deste artigo, até a data em que o fiduciário vier a ser imitado na posse.*”

[10] Conforme artigo 27, § 11, da Lei n. 9.514/1997: “*Os direitos reais de garantia ou constrições, inclusive penhoras, arrestos, bloqueios e indisponibilidades de qualquer natureza, incidentes sobre o direito real de aquisição do fiduciante não obstam a consolidação da propriedade no patrimônio do credor fiduciário e a venda do imóvel para realização da garantia.*”

[11] Conforme artigo 105, III, “a” e “c” da Constituição Federal: “*Compete ao Superior Tribunal de Justiça: III - julgar, em recurso especial, as causas decididas, em única ou última instância, pelos Tribunais Regionais Federais ou pelos tribunais dos Estados, do Distrito Federal e Territórios, quando a decisão recorrida: a) contrariar tratado ou lei federal, ou negar-lhes vigência; c) der a lei federal interpretação divergente da que lhe haja atribuído outro tribunal.*”

[12] Conforme artigo 1.345 do Código Civil: “*o adquirente de unidade responde pelos débitos do alienante, em relação ao condomínio, inclusive multas e juros moratórios.*”

[13] Conforme artigo 1.368-B do Código Civil: “*a alienação fiduciária em garantia de bem móvel ou imóvel confere direito real de aquisição ao fiduciante, seu cessionário ou sucessor.*”

[14] “*Despesas condominiais, visto que, pela sua natureza de obrigações propter rem, decorrem da titularidade do domínio ou da posse sobre a coisa, não podendo deixar de ser pagas, sob pena de execução do bem que as gerou, mesmo que seja bem de família*” (DINIZ, Maria H. Manual de direito civil. 4. ed. Rio de Janeiro: Saraiva Jur, 2022. p.449.)

Ocorre que, os imóveis em questão estão alienados fiduciariamente em favor de instituições financeiras, razão pela qual a propriedade do bem não pertence ao condômino devedor. Diante disso, os recorrentes alegam que tal penhora não traria qualquer prejuízo ao credor fiduciário, pois este poderá: (i) pagar a dívida do condômino e incorporá-la ao seu crédito, ou (ii) havendo arrematante, este substituirá o devedor fiduciário, se sub-rogando nos direitos e obrigações deste.

Assim, em ambos os recursos especiais afetados, verifica-se a existência de questão jurídica idêntica, sendo o Tema 1266 do STJ de grande relevância para a pacificação do entendimento desta matéria, especialmente diante das divergências existentes entre as turmas de direito privado do STJ.

O entendimento da Terceira Turma do Superior Tribunal de Justiça firmou-se no sentido da impossibilidade de penhora do imóvel para saldar dívida do devedor fiduciante, ressaltando-se, a possibilidade de constrições dos direitos decorrentes do contrato de alienação fiduciária^[15]. Por outro lado, em recentes julgados, a Quarta Turma do Superior Tribunal de Justiça tem firmado o entendimento de que é possível a penhora do próprio imóvel que deu origem ao débito, ainda que esteja alienado fiduciariamente, em razão da natureza *propter rem* da dívida condominial.^[16]

Diante da divergência jurisprudencial entre as Turmas, foi realizado o julgamento do Recurso Especial nº 1929926/SP, de Relatoria do Ministro Antônio Carlos Ferreira, a fim de que a Segunda Seção do Superior Tribunal de Justiça firmasse precedente acerca da possibilidade de responsabilização do Credor Fiduciário em razão de dívidas condominiais relativas ao bem alienado. O referido Recurso Especial foi interposto pela Caixa Econômica Federal com o objetivo de reformar o acórdão do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo que reconheceu a possibilidade de penhora do imóvel alienado fiduciariamente, sob o mesmo fundamento – de o interesse da coletividade condominial prevalecer ao da instituição financeira.

O julgamento desse Recurso Especial é um indicativo de como poderá ser julgado o tema repetitivo analisado no presente trabalho. Nesse sentido, o Ministro Relator Antônio Carlos Ferreira proferiu voto dando provimento ao recurso, nos seguintes termos:

O direito de gozo e fruição do bem pelo devedor, por consequência, atribui-lhe determinadas prestações. Por tal razão, malgrado o credor seja o proprietário do bem, o art. 27, § 8º, da Lei n. 9.514/1997 atribui expressamente ao devedor fiduciante a responsabilidade pelo pagamento das contribuições condominiais: Responde o fiduciante pelo pagamento dos impostos, taxas, contribuições condominiais e quaisquer outros encargos que recaiam ou venham a recair sobre o imóvel, cuja posse tenha sido transferida para o fiduciário, nos termos deste artigo, até a data em que o fiduciário vier a ser imitado na posse.

Em decorrência da previsão normativa, o devedor responde pelos débitos condominiais com todo o seu patrimônio na hipótese de inadimplemento (art 789 do CPC/2015). Entretanto, a própria unidade de onde se originam as prestações está protegida pelo simples, mas singelo, motivo de que não integra o patrimônio do devedor, senão do credor fiduciante. Permitir, nesse sentido, que a unidade possa ser penhorada pelo condomínio para responder pelas dívidas

[15] AgInt nos EDcl no REsp n. 1.940.748/SP, relator Ministro Marco Aurélio Bellizze, Terceira Turma, julgado em 23/10/2023, DJe de 26/10/2023. REsp n. 2.086.846/DF, relatora Ministra Nancy Andrigli, Terceira Turma, julgado em 12/9/2023, DJe de 15/9/2023.

[16] AgInt no AREsp n. 2.395.946/SP, relatora Ministra Maria Isabel Gallotti, Quarta Turma, julgado em 8/4/2024, DJe de 11/4/2024. AgInt no AREsp n. 2.395.946/SP, relatora Ministra Maria Isabel Gallotti, Quarta Turma, julgado em 8/4/2024, DJe de 11/4/2024.

condominiais, subverte a arquitetura da alienação fiduciária, que, com o escopo de garantia, retira a propriedade das mãos do devedor. Consectariamente, o credor passaria a responder com seu patrimônio por dívida do devedor, implicando verdadeira expropriação de sua propriedade, sem que houvesse causa legítima que o justificasse. [...]

A estrutura da alienação fiduciária em garantia, contudo, faz nascer para o devedor fiduciante um direito expectativo de aquisição da propriedade do bem na hipótese de adimplemento da obrigação garantida. Cumprida a obrigação no tempo e modo contratados, a consequência imediata é a aquisição da propriedade do bem, que fora transferida ao credor tão somente como forma de garantia, não podendo o credor ou terceiro apresentar qualquer tipo de oposição, tanto que eventual alienação da propriedade pelo credor antes de ocorrida a condição, implicará a transmissão da propriedade resolúvel, acarretando a perda da propriedade em favor do devedor se a dívida for saldada. Atribui-se, pois, ao devedor um direito real de aquisição.

Assim, o direito real de aquisição, economicamente apreciável, porque compõe o patrimônio do devedor fiduciante, pode ser penhorado para responder por suas obrigações, mas não a propriedade do bem, que foi transferida ao credor como garantia da obrigação. Nesse contexto, não é possível afirmar que haja lacuna, tampouco antinomia legal, para a solução da controvérsia – impenhorabilidade do bem alienado fiduciariamente por débitos condominiais. [...]

Entremostra-se correta, portanto, a decisão de primeiro grau, que, ao reconhecer a possibilidade de penhora tão somente do direito real de aquisição, determinou a intimação do credor fiduciante, nos termos dos arts. 799, I, e 889 do CPC/2015.

Ante o exposto, DOU PROVIMENTO ao recurso especial para reconhecer a impenhorabilidade da unidade alienada fiduciariamente por débitos condominiais restabelecendo-se a decisão interlocutória proferida em primeiro grau de jurisdição. É o voto.^[17]

Entretanto, embora tenha proferido o seu voto privilegiando o texto disposto em Lei – especificamente no artigo 27, § 8º da Lei 9.514/97 - o voto do Ministro Relator foi vencido. O voto vencedor foi o proferido pelo Ministro Raul Araújo, que passou a ser o Ministro Relator, e, negou o provimento ao recurso, originando a seguinte tese de julgamento:

Em execução por dívida condominial movida pelo condomínio edifício em que situado o imóvel alienado fiduciariamente, é possível a penhora do próprio imóvel que dá origem ao crédito condominial, tendo em vista a natureza propter rem da dívida, nos termos do art. 1.345 do Código Civil de 2002. [...]

As normas dos arts. 27, § 8º, da Lei 9.514/1997 e 1.368-B, parágrafo único, do Código Civil de 2002, reguladoras do contrato de alienação fiduciária de coisa imóvel, apenas disciplinam as relações jurídicas entre os respectivos contratantes, sem alcançar relações jurídicas diversas daquelas, nem se sobrepor a direitos de terceiros não contratantes, como é o caso da relação jurídica entre condomínio edifício e condôminos e do direito do condomínio credor de dívida condominial, a qual mantém sua natureza jurídica propter rem..^{[18][19]}

^[17] REsp n. 1.929.926/SP, relator Ministro Antônio Carlos Ferreira, relator para acórdão Ministro Raul Araújo, Segunda Seção, julgado em 12/3/2025, DJEN de 27/5/2025.

^[18] REsp n. 1.929.926/SP, relator Ministro Antônio Carlos Ferreira, relator para acórdão Ministro Raul Araújo, Segunda Seção, julgado em 12/3/2025, DJEN de 27/5/2025.

^[19] O acórdão ainda não transitou em julgado, haja vista pendência de decisão do Ministro Relator Raul Araújo acerca de Embargos de Declaração opostos.

Portanto, é diante deste contexto de entendimentos divergentes entre as Turmas do Superior Tribunal de Justiça, e, com a jurisprudência da 2ª Seção - restou estabelecida a possibilidade de penhora de imóvel alienado fiduciariamente por dívida condominial, em razão da natureza *propter rem* - que o julgamento do Tema Repetitivo 1266, se mostra fundamental para pacificar as controvérsias acerca da reponsabilidade do credor e do devedor em relação à dívida condominial do imóvel alienado fiduciariamente, bem como sobre a possibilidade, ou não, de penhora do bem alienado.^[20]

4.2. TEMA 1158/STJ: DÍVIDA DE IPTU

O Tema 1158 do Superior Tribunal de Justiça teve origem na afetação do Recursos Especiais nº 1.949.182/SP, 1.959.212/SP e 1.982.001/SP, em 01/08/2022. A principal questão em torno desses recursos em sede de repetitivos, consistia em definir se haveria reponsabilidade tributária solidária e legitimidade passiva do credor fiduciário na execução fiscal voltada à cobrança de IPTU incidente sobre imóvel alienado fiduciariamente.

De mesmo modo, o principal argumento em favor da possibilidade de penhora de imóveis alienados fiduciariamente resiste no fato de que, em razão de sua função fiscal, o imposto possui caráter real, ou seja, é instituído com base no objeto tributado, sendo vinculado a uma obrigação *propter rem*. Nesse sentido, seriam irrelevantes as qualidades pessoais do sujeito passivo da obrigação tributária.

Além disso, argumenta-se que, à luz do artigo 34 do Código Tributário Nacional^[21], o proprietário do imóvel, detentor de seu domínio útil ou o possuidor a qualquer título, pode ser enquadrado como contribuinte do tributo. Entretanto, para que o sujeito se enquadre como uma das pessoas mencionadas no artigo 34 do CTN, é necessário que a posse seja acompanhada do *animus domini*, ou seja, intenção de ser dono - o que não é o caso do credor fiduciário, haja vista tratar-se de uma propriedade resolúvel.

Diante disso, controvérsia foi submetida à análise da Primeira Seção do Superior Tribunal de Justiça e embora ainda não tenha transitado em julgado, foi firmada a tese de que: “O credor fiduciário, antes da consolidação da propriedade e da imissão na posse no imóvel objeto da alienação fiduciária, não pode ser considerado sujeito passivo do IPTU, uma vez que não se enquadra em nenhuma das hipóteses previstas no art. 34 do CTN.”^[22]

4.3. TEMA 1153/STF: DÍVIDA DE IPVA

O Tema 1153 do Supremo Tribunal Federal se originou com a afetação do Recurso Extraordinário nº 1.355.870, em 01/07/2022. Trata-se de recurso interposto pelo Banco Pan S.A., com fundamento no art. 102, III, “a”, da Constituição Federal,^[23] em face do acórdão proferido pelo Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gérias, o qual reconheceu

[20] Na data de depósito desse artigo, depósito desta pesquisa, a situação do andamento, no site do STJ era de retirada de pauta em 05/02/2026.

[21] Conforme artigo 34 do Código Tributário Nacional: “Contribuinte do imposto é o proprietário do imóvel, o titular do seu domínio útil, ou o seu possuidor a qualquer título.”

[22] Na data de depósito desta pesquisa, a situação do andamento, no site do STJ era de pendência de trânsito em julgado.

[23] Conforme artigo 102, III, “a” da Constituição Federal, “Compete ao Supremo Tribunal Federal, precipuamente, a guarda da Constituição, cabendo-lhe: III - julgar, mediante recurso extraordinário, as causas decididas em única ou última instância, quando a decisão recorrida: a) contrariar dispositivo desta Constituição.”

a legitimidade passiva da Instituição Financeira – credora fiduciária - para responder pelo não pagamento do IPVA de veículo alienado fiduciariamente.

A controvérsia jurídica que se buscava pacificar com o julgamento desse Tema de Repercussão Geral consistia na definição acerca da existência de legitimidade passiva do credor fiduciário em execução fiscal movida para a cobrança de IPVA do bem alienado. Salienta-se que o recurso especial simultaneamente interposto se encontra sobrestado no tribunal de origem, até o julgamento definitivo do presente Recurso Extraordinário.

De mesmo modo, a discussão referente à Repercussão Geral foi submetida à votação no Plenário do Supremo Tribunal Federal. O Ministro Relator proferiu voto no sentido de conhecer do recurso e dar -lhe provimento, propondo a fixação da seguinte tese:

1. É inconstitucional a eleição do credor fiduciário como contribuinte do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) incidente sobre veículo alienado fiduciariamente, ressalvada a hipótese de consolidação de sua propriedade plena sobre o bem. 2. A sujeição passiva do credor fiduciário em relação ao IPVA incidente sobre veículo alienado fiduciariamente pode se dar, em virtude de lei estadual ou distrital, no âmbito da responsabilidade tributária, desde que observadas as normas gerais de direito tributário dispostas em lei complementar, especialmente as pertinentes às diretrizes e às regras matrizes de responsabilidade tributária. 3. A legitimidade passiva do credor fiduciário para figurar em execução fiscal de cobrança do IPVA incidente sobre veículo objeto de alienação fiduciária resta verificada nas hipóteses de consolidação de sua propriedade plena sobre o bem ou de instituição legal de sua sujeição passiva na qualidade de responsável tributário.

Na sequência, o voto foi acompanhado pelo Ministro Alexandre de Moraes e pela Ministra Carmen Lúcia. Entretanto, o voto proferido pelo Ministro Cristiano Zanin divergiu parcialmente do voto do Ministro Relator, para reconhecer a contrariedade ao art. 155, III, da Constituição Federal^[24], bem como, definir a inconstitucionalidade da atribuição, ao credor fiduciário, da condição de contribuinte ou responsável tributário pelo IPVA incidente sobre veículo objeto de alienação fiduciária, ressalvando a hipótese de sucessão em razão de consolidação.

Por fim, o julgamento se encerrou em 03/10/2025, transitou em julgado em 11/11/2025 e, foi fixada a seguinte tese:

“É inconstitucional a eleição do credor fiduciário como contribuinte ou responsável tributário do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) incidente sobre veículo alienado fiduciariamente, ressalvada a hipótese de consolidação de sua propriedade plena sobre o bem.”

5. CONCLUSÃO

As cortes superiores têm o papel fundamental de serem os guardiões das normas. O Superior Tribunal de Justiça atua como protetor da legislação infraconstitucional, devendo garantir sua inviolabilidade, enquanto o Supremo Tribunal Federal é responsável por zelar pela aplicabilidade e supremacia da Constituição Federal. Assim, diante de controvérsias que demandam a aplicação dessas normas, esses Tribunais são provocados e devem se manifestar a fim de pacificar e uniformizar jurisprudência para todo o país.

É nesse sentido que foram analisados os Temas 1266 e 1158 do Superior Tribunal de Justiça, bem como o Tema 1153 do Supremo Tribunal Federal. O primeiro definirá acerca da pos-

[24] Conforme artigo 155, III, da Constituição Federal “Compete aos Estados e ao Distrito Federal instituir impostos sobre: propriedade de veículos automotores”.

sibilidade de penhora de bem alienado fiduciariamente em razão de dívida condominial, ainda sem decisão, mas uma jurisprudência recente no sentido da possibilidade de penhora. E os dois últimos fixaram teses no sentido de que o credor fiduciário somente poderá ser considerado sujeito passivo do IPTU, bem como contribuinte ou responsável do IPVA, após a devida consolidação do bem.

Portanto, cabe a esses tribunais superiores assegurar a correta interpretação e aplicabilidade dessas matérias, de modo a garantir a uniformização das decisões, a proteção das normas e a tutela do crédito, questão que envolve o relacionamento entre credor e devedor.

BIBLIOGRAFIA

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Relatório de economia bancária 2023*. Brasília: Banco Central do Brasil. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/relatorioeco-nomiabancaria/reb2023p.pdf>. Acesso em: 15.05.2025.

CHALHUB, Melhim Namem. *Alienação Fiduciária – Negócio Fiduciário*. 7. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021. ISBN 9788530991012.

DANTZGER, Afranio Carlos C. *Alienação Fiduciária de Bens Imóveis*. 3. ed. Rio de Janeiro: Método, 2010. ISBN 9788530932459.

DINIZ, Maria Helena. *Manual de direito civil*. 4. ed. Rio de Janeiro: Saraiva Jur, 2022. ISBN 9786555598612.

FUX, Luiz. *Processo Civil e Análise Econômica - 2ª Edição* Rio de Janeiro: Forense, 2021. ISBN 9788530991838.

GOMES, Orlando. *Direitos Reais - 21ª Edição 2012*. Rio de Janeiro: Forense, 2012. E-book. ISBN 978-85-309-4392-9. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-309-4392-9/>. Acesso em: 20.07. 2025.

JOMA, J. Z.; DA SILVA FILHO, S. B. REsp nº 1.949.182/SP e Tema 1.158 do STJ. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2025-mar-29/resp-no-1-949-182-sp-e-tema-1-158-do-stj/>. Acesso em: 24.05.2025

OLIVER WYMAN. *Panorama do sistema bancário brasileiro: visão do consumidor sobre principalidade e canais bancários*. São Paulo: Oliver Wyman, 2024. Disponível em: <https://www.oliverwyman.com/br/nossa-especialidade/insights/2024/july/panorama-do-sistema-bancario-brasileiro.html>. Acesso em: 15.05.2025.

PEREIRA, Caio Mário da S. *Instituições de Direito Civil - Vol. IV - 29ª Edição*. Rio de Janeiro: Forense, 2024. ISBN 9788530994440.

PRADO, M. L.; GUATIMOSIM, M. F. STJ autoriza penhora de imóvel alienado em garantia para quitação de dívida condominial. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2025-abr-04/stj-autoriza-penhora-de-imovel-alienado-em-garantia-para-quitacao-de-divida-condominial/>. Acesso em: 15.05.2025

WAISBERG, Ivo; GORNATI, Gilberto. *Direito bancário: contratos e operações bancárias*. 2. ed. Rio de Janeiro: Saraiva Jur, 2016. E-book. ISBN 9788547204501. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788547204501/>. Acesso em: 23.06.2025.

VARIAÇÃO LINGUÍSTICA NO PORTUGUÊS BRASILEIRO: DESAFIOS E IMPACTOS NO DESEMPENHO DE MODELOS DE LINGUAGEM DE GRANDE ESCALA (LLMS)

Maria Alice Brito Nazare^[1]

Floriano Ferreira dos Reis Filho^[2]

RESUMO

Este trabalho investiga como as particularidades linguísticas do português brasileiro influenciam o desempenho de *Large Language Models* (LLMs). A pesquisa analisa o uso de gírias, expressões populares e regionalismos, destacando a importância de representatividade linguística nos dados de treinamento. Para isso, são realizados testes com diferentes modelos, a fim de avaliar a capacidade de cada um em compreender a língua portuguesa e suas particularidades linguísticas, destacando a análise de desempenho nas cinco regiões do país. Os resultados mostram que os modelos apresentam desempenho desigual entre as regiões, com maior repertório associado ao Nordeste e menor ao Sul. O Gemini se destacou com a melhor média geral, indicando maior adaptabilidade ao português brasileiro. O estudo evidencia a necessidade de ampliar a diversidade linguística no treinamento para reduzir vieses e melhorar a inclusão tecnológica no país.

Palavras-chaves

Modelos de linguagem de larga escala. Processamento de linguagem natural. Variação Linguística Regional.

[1] 202302721974@alunos.ibmec.edu.br IBMEC

[2] floriano.filho@professores.ibmec.edu.br IBMEC

ABSTRACT

This study investigates how the linguistic particularities of Brazilian Portuguese influence the performance of Large Language Models (LLMs). The research analyzes the use of slang, colloquial expressions, and regionalisms, highlighting the importance of linguistic representation in training data. To achieve this, systematic tests are conducted with different LLMs to evaluate their ability to adapt to Brazilian Portuguese, focusing on performance analysis across the five regions of the country. The results show that the models exhibit unequal performance across regions, with a richer repertoire associated with the Northeast and a more limited one in the South. Gemini stood out with the highest overall average and lowest standard deviation, indicating greater and more consistent adaptability to Brazilian Portuguese. The study highlights the necessity of expanding linguistic diversity in LLM training to reduce cultural bias and enhance technological inclusion in Brazil.

Keywords

Large language models. Natural language processing. Regional Linguistic Variation.

1 INTRODUÇÃO

O avanço no desenvolvimento de *Large Language Models* (LLMs) tem se destacado pela capacidade desses sistemas de interpretar textos com fluência, coesão e compreensão contextual. Tais modelos ocupam um papel central na transformação das interações entre seres humanos e sistemas computacionais, e contribuem para o progresso da transformação digital. Além disso, sua aplicabilidade se estende a diversos domínios, como assistentes virtuais, tradução automática e análise de sentimentos (BROWN et al., 2020; FREITAG et al., 2024).

A capacidade interpretativa dos LLMs baseia-se na aplicação de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN), responsáveis pelo tratamento computacional da linguagem humana. Esse processo envolve a identificação de padrões lexicais e sintáticos em sentenças, convertidos em representações estruturadas que possibilitam a compreensão contextual dos textos (JURAFSKY; MARTIN, 2025; YANG et al., 2020). Esse processamento inclui etapas sequenciais, como tokenização, análise sintática e análise semântica, que permitem capturar não apenas a estrutura, mas também nuances e intenções presentes na comunicação (SOUZA et al., 2023; CAMPIOTTI et al., 2023; CORRÊA et al., 2024).

Apesar dos avanços recentes, ainda persiste um desafio global: a predominância do inglês como idioma majoritário nos dados utilizados para treinar LLMs. No caso do português brasileiro, esse cenário se agrava em função da própria diversidade interna da língua, marcada por forte variação social e regional (SANTOS et al., 2025; FREITAG; DE GOIS, 2024; SOUSA et al., 2025).

Essa realidade implica em uma dupla marginalização: o português brasileiro é menos privilegiado em relação ao inglês e, dentro dele, as variedades regionais são ainda mais negligenciadas em detrimento da norma culta urbana. Como consequência, expressões como “oxente” (Nordeste), “arretado” (Nordeste), “guria” (Sul) e “pocar” (Sudeste) tendem a ser interpretadas de maneira inadequada ou artificial, reduzindo a naturalidade das respostas e o reconhecimento cultural dos usuários.

Apesar dos avanços recentes, permanece uma lacuna na literatura: não há estudos sistemáticos que comparem LLMs *state-of-the-art*: *Generative Pre-trained Transformer 3* (GPT-3), Gemini e *Large Language Model Meta AI 2* (LLaMA 2) na geração de variações regionais brasileiras sob um mesmo protocolo experimental. A compreensão das diferenças de desempenho entre modelos ainda é pouco documentada.

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi preencher essa lacuna, realizaram-se testes controlados para avaliar a capacidade dos LLMs em interpretar regionalismos do português brasileiro nas cinco regiões do país, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de tecnologias linguísticas mais inclusivas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Modelos de linguagem generativos utilizam técnicas de Processamento de Linguagem Natural para identificar padrões e produzir textos coerentes em diferentes aplicações (KUMAR, 2024; KOÇ, 2025). A arquitetura *Transformer*, ao empregar autoatenção, tornou o treinamento mais eficiente e ampliou a interpretação de dependências de longo alcance, estabelecendo-se como base dos LLMs atuais (KHAN et al., 2022; TAY et al., 2022). Esses modelos superam limitações das *Recurrent Neural Networks* (RNNs) ao oferecer maior coerência e generalização em larga escala (BROWN et al., 2020; CHOWDHERY et al., 2023), com otimizações como *FlashAttention* para aprimorar desempenho e memória (DAO et al., 2022).

Durante o treinamento, *embeddings* representam palavras em vetores, para permitir captar relações semânticas. Contudo, a baixa presença de regionalismos brasileiros nos dados — como “oxente” e “bah” — tende a gerar interpretações inadequadas, e prejudicar a naturalidade e a representação cultural no uso do português brasileiro.

O desempenho das LLMs depende diretamente da representatividade do corpus linguístico de treinamento. Contudo, o português brasileiro possui menor volume de dados disponíveis em comparação ao inglês e ainda apresenta grande diversidade interna, com variações pouco representadas nos corpora. Isso gera uma dupla marginalização: (i) do português frente ao inglês e (ii) das variedades regionais frente à norma culta.

A Tabela 1 evidencia essa disparidade, pois cerca de **93% dos tokens do GPT-3 são em inglês**, enquanto apenas uma fração reduzida corresponde ao português. O baixo volume de dados em português, associado à baixa frequência de variantes informais, **sustenta a hipótese de que o desempenho dos modelos em regionalismos será irregular entre as regiões brasileiras**

Tabela 01. Proporção de Tokens por Idioma.

Modelo	Ano	Total de tokens (aproximado)	Tokens em inglês (%)	Tokens em português ou outros (%)	Referência
GPT-3	2020	~300 bilhões	~93 %	~7 % (dado agregado; português não especificado)	Brown et al., 2020
PaLM	2022	N/D	N/D	N/D	Chowdhery et al., 2023
Falcon	2023	1,5–5 trilhões (varia por versão)	N/D	N/D	Almazrouei et al., 2023
LLaMA 2	2023	~2 trilhões	~89,70%	~10,30 % (inclui português)	Touvron et al., 2023; Liang et al., 2024

Fonte: Elaborado pelos autores

Pesquisas recentes indicam que esses modelos não são utilizados apenas em tarefas funcionais, mas também como mediadores de organização de pensamentos e expressão emocional, aproximando-se de conversas cotidianas no dia a dia (ZAO-SANDERS, 2025), assim, torna-se fundamental investigar o uso de elementos da fala oralizada e considerar a crescente aplicação dos LLMs como interlocutores informais. Isso reforça a importância de incorporar gírias, expressões populares e outros marcadores de oralidade que carregam sentidos culturais e afetivos, para refletir a forma real como usuários se comunicam.

3 METODOLOGIA

Foram escolhidos três modelos de destaque no cenário atual do Processamento de Linguagem Natural, cada um representando uma abordagem distinta: o GPT-3 (OpenAI), amplamente utilizado e consolidado comercialmente; o Gemini 2.5 Flash (Google), que traz propostas mais recentes de eficiência e inovação; e o LLaMA 2 (Meta), referência no ecossistema *open-source* pela transparência e facilidade de reprodutibilidade científica.

Para garantir comparabilidade, o experimento seguiu um padrão único de aplicação. Todos os modelos receberam exatamente o mesmo texto-base, formal e neutro, gerado pelo ChatGPT-4 Mini, o que evitou interferências externas e fez com que qualquer diferença observada fosse atribuída exclusivamente às adaptações de cada sistema.

O texto-base relacionadas ao tema desmatamento:

O homem destrói a floresta. Os fazendeiros queimam a mata. As empresas compram terras ilegais. Os grileiros invadem as reservas. O governo ignora as denúncias. Os ativistas denunciam os crimes. A população sofre os impactos. O fogo ameaça os animais. A fumaça prejudica a saúde. A perda ambiental enfraquece o clima. O planeta sente as consequências. A sociedade cobra soluções. (DOS AUTORES, 2025)

Esse texto foi então submetido as LLMs, com a instrução de reescrevê-lo de forma a incorporar elementos linguísticos típicos de diferentes regiões do Brasil (Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste). Para padronizar o processo, foi utilizado o seguinte prompt:

Prompt para geração de regionalismo:

Você é um especialista em variações linguísticas do português brasileiro. Sua tarefa é reescrever o texto abaixo inserindo palavras e expressões típicas da região escolhida.

Instruções:

- Mantenha o sentido geral e a clareza do texto;
- Substitua algumas palavras ou expressões por termos regionais comuns da região especificada;
- Ajuste a estrutura das frases, se necessário, para que os regionalismos façam sentido;
- Utilize elementos de fala oralizada.
- Região escolhida: [Norte, Nordeste, Sul, Sudeste, Centro-Oeste]”

Um exemplo de saída gerada foi o seguinte: [Região Nordeste]:

O cabra derruba a mata, sô. Os dono de terra botam fogo no mato. As firma comprando terra que não é deles, tudo na maracutaia. Os grileiro invadindo terra que é dos índio. O governo tá de braço cruzado, fingindo que não vê as queixa. A galera que luta pela terra tá avisando dos crime. O povo sente o baque, a vida fica difícil. O fogo dando medo nos bicho. A fumaça faz mal pra saúde da gente. Quando a terra adoce, o tempo fica doido. O mundo todo sente o que a gente faz. A sociedade tá cobrando um jeito de resolver isso, viu?. (GEMINI, 2025)

A análise das respostas (Tabela 02) incluiu não só expressões regionais, mas também marcas recorrentes de oralidade e simplificações sintáticas, como “índio” ou “crime” no singular com sentido ampliado. Esses elementos foram considerados marcadores regionais por refletirem usos linguísticos reais, e não simples erros gramaticais.

Tabela 02. Palavras extraídas como regionais.

Palavra	Análise do Significado
cabra	Tipico do Nordeste (homem, pessoa).
sô	Interjeição da oralidade (Nordeste/MG).
firma	Usado no Nordeste como sinônimo de empresa.
maracutaia	Gíria para trapaça, comum no Nordeste.
grileiro	Quem falsifica documentos para se apropriar de propriedades.
índio	Indivíduo que faz parte de alguma denominação indígena. Palavra no singular, sem artigo definido.
queixa	Lamentação. Palavra no singular, sem plural.
galera	Expressão coloquial/jovem
crime	Qualquer violação grave da lei por ação ou por omissão, dolosa ou culpável. Palavra no singular, sem plural.
baque	Golpe, impacto, muito comum no Nordeste.
bicho	Tipico da fala oral. Palavra no singular.
doido	Usado como “estranho, ruim”.
viu	Marcador do discursivo nordestino.

Fonte: Elaborado pelos autores

As palavras extraídas como regionais reforça que o uso de elementos de fala oralizada, no prompt para geração de regionalismo, foi uma escolha metodológica intencional, justificada pela crescente aplicação dos LLMs como interlocutores informais e terapêuticos (Wang et al., 2025; Scholich et al., 2025).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliar a eficácia das LLMs na reprodução de regionalismos, elaborou-se a comparação com a média de ocorrência de palavras regionais por modelo e por região (Tabela 03). Esse indicador permitiu mensurar o nível geral de inserção de expressões típicas, para identificar quais sistemas utilizaram mais ou menos regionalismos. Em complemento, o desvio-padrão foi aplicado para verificar a consistência desse uso e medir se a adaptação se manteve estável entre diferentes execuções e contextos regionais.

Tabela 03. Média de ocorrência de palavras regionais por LLM.

LLM	Média	Desvio Padrão
Meia	3.8	3.346.640.106
ChatGPT	8.8	3.193.743.885
Gemini	9.8	1.303.840.481

Fonte: Elaborado pelos autores

O Gemini apresentou a maior média de regionalismos (9,8) e o desempenho mais consistente (desvio padrão 1,3), isso indica melhor adaptação ao português brasileiro. O ChatGPT obteve resultado próximo (8,8), porém com maior oscilação (desvio padrão 3,1). Já o LLaMA 2 apresentou a menor média (3,8) e variação elevada (desvio padrão 3,3), isso evidencia preferência por formulações mais neutras e padrão culto. Já os resultados por região (Tabela 04) apresentam a média de ocorrência de palavras e o desvio padrão.

Tabela 04. Média de ocorrência de palavras regionais por Região.

Região	Média	Desvio Padrão
Sul	5,3	2,5
Norte	6	2,6
Nordeste	9	2,6
Sudeste	8,6	4,9
Centro-oeste	8,3	5,5

Fonte: Elaborado pelos autores

Destaca-se, com base nos dados da Tabela 04, que alta variação (Chat GPT e LLaMA 2, Sudeste/Centro-Oeste) sugere que o uso de regionalismos é instável; o modelo insere expressões, mas sem consistência, pois pode falhar em outros contextos. Já a baixa variação (Gemini) confirma que o modelo tem uma adaptação robusta e consistente em diferentes execuções e regiões, isso valida seu repertório lexical.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise apresentou diferenças entre os modelos na reprodução de regionalismos do português brasileiro. O **Gemini** obteve o melhor desempenho, com maior média (9,8) e alta consistência (desvio padrão 1,3). O **ChatGPT** obteve média similar (8,8), mas com variação maior (desvio padrão 3,1). O **LLaMA 2** teve o menor uso de regionalismos (3,8) e respostas mais neutras.

Regionalmente, o **Nordeste** foi a área mais bem representada (média 9,0), seguido por **Sudeste** (8,6) e **Centro-Oeste** (8,3), ainda que com irregularidades. **Norte** ficou em nível intermediário (6,0), e o **Sul** apresentou o menor índice (5,3), mesmo sendo relativamente consistente.

A principal contribuição metodológica do estudo foi propor uma avaliação comparativa padronizada entre modelos de ponta sob um prompt voltado à oralidade e às variações regionais do português, para medir, com precisão, sua adaptação lexical.

Os resultados reforçam a necessidade de LLMs mais inclusivos e sensíveis à diversidade linguística brasileira. Estudos futuros devem investir em **corpora mais amplos e regionalizados** e em **métricas que considerem naturalidade, adequação cultural e autenticidade sociolinguística**.

REFERÊNCIAS

- ALMAZROUEI, E. *et al.* The Falcon Series of Open Language Models. *arXiv preprint* arXiv:2311.16867, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2311.16867>. Acesso em: 14 ago. 2025.
- BROWN, T. *et al.* Language Models are Few-Shot Learners. In: *Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 33, p. 1877–1901, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- CAMPIOTTI, I. *et al.* DeBERTinha: A Multistep Approach to Adapt DeBERTaV3 XSmall for Brazilian Portuguese Natural Language Processing Task. *arXiv preprint* arXiv:2309.16844, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2309.16844>. Acesso em: 24 jul. 2025.

CHOWDHURY, A. et al. PaLM: Scaling Language Modeling with Pathways. *Journal of Machine Learning Research*, v. 24, p. 1–113, 2023. Disponível em: <https://www.jmlr.org/papers/v24/22-1144.html>. Acesso em: 14 ago. 2025.

CORRÊA, N. K. et al. Tucano: Advancing Neural Text Generation for Portuguese. *arXiv preprint arXiv:2411.07854*, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2411.07854>. Acesso em: 24 jul. 2025.

DAO, T. et al. FlashAttention: Fast and Memory-Efficient Exact Attention with IO-Awareness. In: *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2205.14135>. Acesso em: 16 ago. 2025.

FREITAG, R. M. K. et al. Análise de ambiguidade linguística em modelos de linguagem de grande escala (LLMs). *arXiv preprint arXiv:2404.16653*, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2404.16653>. Acesso em: 24 jul. 2025.

FREITAG, R. M. K.; DE GOIS, T. S. Performance in a dialectal profiling task of LLMs for varieties of Brazilian Portuguese. *arXiv preprint arXiv:2410.10991*, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2410.10991>. Acesso em: 24 jul. 2025.

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*. 3. ed. Stanford: Stanford University, 2025. Disponível em: <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

KHAN, S. et al. Transformers in Vision: A Survey. *ACM Computing Surveys*, v. 54, n. 10s, p. 1–41, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3505244>. Acesso em: 16 ago. 2025.

KOÇ, H. et al. A survey on the latest advances in natural language processing: applications of generative adversarial networks. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 2025. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/widm.70004>. Acesso em: 16 ago. 2025.

KUMAR, P. *Large language models (LLMs): survey, technical frameworks, and future challenges*. *Artificial Intelligence Review*, v. 57, n. 260, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10888-y>. Acesso em: 16 ago. 2025.

SANTOS, L. G. dos. *A linguística saussuriana aplicada ao processamento de linguagem natural*. 2025. 150 f. Dissertação (Mestrado em Linguística) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/45587>. Acesso em: 24 jul. 2025.

SCHOLICH, T. et al. A Comparison of Responses from Human Therapists and Large Language Model-Based Chatbots to Assess Therapeutic Communication: Mixed Methods Study. *JMIR Mental Health*, v. 12, e69709, 2025. Disponível em: <https://mental.jmir.org/2025/1/e69709>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SOUZA, F. C. et al. BERT models for Brazilian Portuguese: Pretraining, evaluation and tokenization analysis. *Applied Soft Computing*, v. 149, 110901, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110901>. Acesso em: 24 jul. 2025.

SOUZA, H. et al. Enhancing Portuguese Variety Identification with Cross-Domain Approaches. *arXiv preprint arXiv:2502.14394*, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2502.14394>. Acesso em: 24 jul. 2025.

TAY, Y. et al. Efficient Transformers: A Survey. *ACM Computing Surveys*, 2022. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3530811>. Acesso em: 16 ago. 2025.

TOUVRON, H. et al. LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models. *arXiv preprint arXiv:2302.13971*, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2302.13971>. Acesso em: 14 ago. 2025.

WANG, L. *et al.* Evaluating Generative AI in Mental Health: Systematic Review of Capabilities and Limitations. *JMIR Mental Health*, v. 12, 2025. Disponível em: <https://mental.jmir.org/2025/1/e70014>. Acesso em: 15 ago. 2025.

YANG, Z. *et al.* A Primer in BERTology: What we know about how BERT works. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, v. 8, p. 842–866, 2020. Disponível em: <https://aclanthology.org/2020.tacl-1.54.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ZAO-SANDERS, M. *How People Are Really Using Generative AI Now: The 2025 Top-100 GenAI Use Case Report*. [S.l.]: Filtered, 2025. Disponível em: <https://learn.filtered.com/thoughts/top-100-gen-ai-use-cases-updated-2025>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SEN, RAWLS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS: A TEORIA DA ABORDAGEM DAS CAPACIDADES E A JUSTIÇA GLOBAL EM RELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO INTERNACIONAL

Henrique Miracca Lima e Silva

Prof. Dr. Pietro Carlos de Souza Rodrigues

Resumo

A temática do desenvolvimento internacional, focada em questões relacionadas à migração e às mudanças climáticas, tem sido alvo de debates e pesquisas. Neste sentido, autores que pesquisam questões globais, como o filósofo político John Rawls e o economista e filósofo Amartya Sen, têm sido importantes para compreender esses tópicos. O objetivo deste trabalho é investigar como as obras de Rawls e Sen dialogam com a migração e as mudanças climáticas, questões de desenvolvimento internacional que foram escolhidas para este artigo. Os principais resultados foram as críticas de Sen ao contratualismo de Rawls presente em “Uma Teoria da Justiça” e o diálogo que as teorias contratualistas e normativas fazem tanto nas questões de desenvolvimento internacional quanto entre os autores, mais especificamente na obra de Rawls, em “O Direito dos Povos”. A abordagem utilizada para este trabalho foi de caráter qualitativo, com foco na análise bibliográfica de Rawls e Sen, bem como o uso de artigos acadêmicos foram úteis para complementar as obras. As teorias normativas de Sen e Rawls são importantes para pensar o lugar dos indivíduos nas Relações Internacionais.

Palavras-chave

Desenvolvimento Internacional; Normativismo; Contratualismo; Migração; Mudanças Climáticas.

1. Introdução

Este trabalho se centra no estudo de dois aspectos da justiça: o contratualismo e o normativismo em relação a temas internacionais. Será estudada a visão contratualista das obras “Uma Teoria da Justiça” e “O Direito dos Povos” de Rawls, enquanto a visão normativa será estudada pelas obras “Desenvolvimento como Liberdade” e “A Ideia de Justiça”, de Sen. Em relação às obras de Rawls, serão estudadas as questões das sociedades, focando na perspectiva internacional encontrada em “O Direito dos Povos”, enquanto a respeito da perspectiva tratada por Sen, será focada na Abordagem das Capacidades (AC).

A AC e o conceito de “Direito dos Povos” de Rawls são basilares para entender contextos de desenvolvimento internacional, como os temas da migração e do meio ambiente. Esses autores são interessantes para estudar temas internacionais por conta do foco abrangente nas sociedades de Rawls, uma vez que inclui as sociedades liberais e não liberais (Rawls, 2019 p. 4-5) e do foco de Sen para o bem-estar e o desenvolvimento das liberdades das sociedades globais.

As teorias normativas, cerne da AC de Sen, ajudam a pensar questões globais e a compreender a sua complexidade. Teorias normativas, como as senianas, envolvem uma investigação acadêmica em que há bons pontos para valorizar a percepção de justiça, além de que elas focam em como as coisas devem ser ao invés de como elas são (Petroni, 2025). Muitos autores têm tentado entender os contornos de uma justiça global, percepção que se conecta com a ideia da AC, na qual seu conceito foca em melhorar a vida e ampliar a liberdade das pessoas.

Será feita uma análise com base nos autores estudados a respeito do desenvolvimento internacional, com foco na questão da migração e do meio ambiente e como essas temáticas se conectam com a visão de Sen e Rawls. A finalidade deste trabalho é compreender pautas globais nas visões seniana e rawlsiana, de modo que essas teorias possam ajudar a mitigar essas questões, tanto na perspectiva contratualista, com o foco para as sociedades, como são as teorias de Rawls, quanto na perspectiva normativa, com foco no bem-estar, como são as teorias de Sen.

2. Abordagem de pesquisa

Esse estudo, de natureza qualitativa, busca compreender como as teorias de Sen e Rawls sobre a AC e a justiça impactam no desenvolvimento internacional, sobretudo nas questões da migração e do meio ambiente. Por meio de referências normativistas e contratualistas, esta pesquisa busca interpretar conceitos teóricos relacionados às obras de Sen e de Rawls e se conectar às questões de desenvolvimento internacional. A coleta de dados será feita por livros e artigos acadêmicos, permitindo uma análise crítica das fontes. Foram escolhidas as obras de Sen e Rawls para análise neste artigo por conta de suas abordagens envolvendo o bem-estar e a sociedade, bem como a aplicabilidade de suas teorias em relação ao desenvolvimento internacional.

3. Sen, Rawls e A Questão Global

Essa seção foca em entender os temas globais dentro das teorias de Rawls e Sen. Neste sentido, para entender as teorias de Rawls, é necessário compreender o seu entendimento de justiça. O objeto basilar da justiça é a estrutura básica da sociedade, ou seja, o modo pelo qual as instituições sociais distribuem direitos e deveres, além de determinar a divisão de vantagens da cooperação social. Na concepção da principal ideia da Teoria da Justiça, aqueles que participam dessa cooperação escolhem, em condições equita-

tivas, os princípios que garantem os direitos e deveres básicos e regulam a distribuição dos benefícios sociais (Rawls, 1997 p. 7-8; 12-13).

Em relação à teoria de Sen, a AC consiste em uma perspectiva normativa de olhar o desenvolvimento como um processo de expansão das liberdades. As liberdades substantivas são aquelas que incluem evitar privações como a fome e a subnutrição, enquanto as instrumentais são as principais fontes para um indivíduo se desenvolver. Elas focam em melhorar a vida que as pessoas levam e as liberdades que desfrutam, ou seja, uma pessoa com saúde, por exemplo, tem mais condições de estudar e trabalhar. As liberdades instrumentais são os meios do desenvolvimento para atingir as substantivas, como liberdades políticas, facilidades econômicas e oportunidades sociais (Sen, 2010, p. 55; 58).

Na perspectiva da migração, a distribuição desigual de riqueza e privilégios determina as oportunidades e escolhas ao longo da vida dos refugiados. Essa afirmação se conecta com o conceito de Sen em relação a liberdade instrumental, mais especificamente as sociais, na qual são as disposições que a sociedade estabelece, e que poderiam estabelecer para os migrantes, as quais influenciam as liberdades substantivas dos indivíduos (Eichsteller, 2021; Sen, 2010 p. 59). Neste sentido, os migrantes acabam tendo as liberdades instrumentais afetadas pelas condições políticas e sociais das nações.

As normas e os valores sociais, bem como os comportamentos humanos e as estruturas de governo impõem restrições socioeconômicas e políticas e moldam a alocação de recursos de maneira a criar vulnerabilidades. Desse modo, as mudanças climáticas podem ser um fator para a ampliação de vulnerabilidades como a fome, uma vez que este fenômeno acaba por gerar escassez e encarecer os alimentos. Portanto, a temática das mudanças climáticas se conecta ao exemplo de Sen de uma pessoa com grave deficiência não pode ser considerada mais vantajosa apenas porque têm maior renda em comparação a alguém saudável e são (Capelli, 2023; Correa-Macana e Comim, 2013; Sen, 2011 p. 275). Logo, essa pessoa com deficiência, ou seja, com a saúde debilitada ou com fome, e com renda possui menos liberdades que uma pessoa com menos renda e bem de saúde.

De acordo com Delanty (2014), noções de justiça têm sido tradicionalmente restritas a comunidades políticas limitadas territorialmente, geralmente por Estados, e a justiça global é vista como uma questão secundária ou derivada. Essa visão limita o escopo de justiça, deixando populações privadas de capacidades vulneráveis, por exemplo, à fome e doenças. Rawls (2019, p. 47) disserta que algumas Organizações Internacionais, como as Nações Unidas, podem ter a autoridade de expressar para a Sociedade dos Povos bem ordenados a sua condenação de instituições nacionais injustas em outros países e esclarecer casos de violação de direitos humanos. Neste sentido, a visão rawlsiana sobre justiça global, ou o “Direito dos Povos”, aponta para uma sociedade internacional justa, mas diferente de Sen. Enquanto a perspectiva proposta por Rawls trata de sociedades, a AC está centrada no bem-estar do indivíduo.

4. A Abordagem das Capacidades e o Conceito de Justiça Global

Os ideais de Sen se inspiram na Teoria da Justiça de Rawls. O objetivo da teoria de Rawls é superar a teoria do utilitarismo, que se concentra na felicidade agregada, constituído com base na maximização da satisfação de desejos dos indivíduos, estabelecendo a condição para a coexistência de cidadãos (Basta, 2016; Rawls 1997 p. 25). A ideia da teoria de Rawls é se concentrar na justiça, garantindo e equidade das sociedades, enquanto a abordagem utilitarista foca apenas na maximização da felicidade, tanto da sociedade quanto do indivíduo.

Rawls elabora em “Uma Teoria da Justiça” que a sociedade bem-ordenada promove o bem de seus membros, assim como é regulada por uma concepção pública de justiça. Já no seu livro “O Direito dos Povos”, o autor define o conceito de Sociedade dos Povos, que possui seus próprios governos, sejam eles democráticos, liberais e constitucionais, ou não liberais, mas decentes, que cumprem certas condições de direito e justiça (Rawls, 1997, p. 5; 2019, p. 3). Percebe-se então que Rawls foca em uma visão de sociedade bem-ordenada na primeira obra, enquanto na segunda ele leva a sua teoria para o contexto cosmopolita.

O conceito de equidade de Rawls vem da posição original, que parte de uma situação de igualdade primordial, em que as partes envolvidas não têm conhecimento de suas identidades pessoais, ou de seus interesses pelo próprio benefício, dentro do grupo como um todo (Sen, 2011 p. 76). Isso faz com que se crie uma condição de equidade, uma vez que o indivíduo não tem acesso a dados que comprometeriam essa condição. Rawls descreve o conceito da posição original, cujo intuito é dar conta de nossos juízos morais, além de explicar o fato de termos um senso de justiça. Dentro da posição original, o autor descreve o conceito do véu da ignorância, no qual os princípios da justiça são escolhidos sem a intenção de prejudicar o resultado pelo acaso natural ou circunstâncias sociais. Os princípios da justiça elaborados por Rawls são os da liberdade, na qual todo indivíduo deve ter o acesso ao mais abrangente sistema de liberdades; e o da igualdade na qual as desvantagens econômicas e sociais devem ser benéficas para todos (Rawls 1997, p. 130; 13; 64).

Sen vê um ceticismo sobre a alegação de Rawls a respeito da escolha única na posição original, uma vez que de acordo com essa teoria, pode surgir um contrato incluindo a prioridade total da liberdade e a prioridade condicional dos interesses do grupo mais pobre, julgados pela dotação de bens primários. Entretanto, haverá contratos alternativos que também têm apelo, possuindo ou não algum acordo na posição original. Logo, a convicção de Rawls de sua teoria, ou seja, os dois princípios da justiça, emergiu somente pela posição original e não é apoiada por nenhum argumento definitivo (Sen, 2011 p. 131).

Em uma visão de sociedade libertária, de acordo com Fleurbaey (2007), um de seus problemas é que uma restrição puramente deontológica que obriga todos a respeitar a propriedade dos outros produzirá na prática um Estado de natureza hobbesiano onde a força e a violência dominam a vida social. Logo, essa lógica implica em um Estado no qual a natureza violenta do indivíduo se torna a regra, com o objetivo da proteção da propriedade em detrimento da promoção das liberdades substantivas das pessoas que necessitam. Essa visão implica que uma pessoa pobre não sofre nenhuma violação de seus direitos desde que não seja vítima de roubo ou agressão violenta (Fleurbaey, 2007). Portanto, essa lógica se conecta com o pensamento de Sen, uma vez que a pobreza limita o indivíduo de suas liberdades substantivas, tendo aspectos da sua vida afetados.

A natureza das vidas que as pessoas podem levar tem sido objeto de atenção dos analistas ao longo da história, pois mesmo que os mais utilizados critérios econômicos do progresso tendem a se concentrar na melhora da situação econômica dos indivíduos, essa concentração poderia ser justificada apenas através do que esses critérios produzem nas vidas humanas (Sen, 2011 p. 247). Assim, os critérios econômicos devem priorizar a melhoria das capacidades humanas, ao invés de focar somente no crescimento da economia. A utilidade da riqueza está nas coisas que ela permite os indivíduos fazerem, ou seja, as liberdades substantivas que ela nos ajuda a obter (Sen, 2010 p. 28). O que Sen está expressando é que a medida da riqueza de uma nação, e a riqueza como um todo, deve ser um fator substantivo para as políticas de desenvolvimento, garantindo justiça global.

5. A Abordagem das Capacidades e o Conceito de Direito dos Povos Aplicado ao Desenvolvimento Internacional

Essa seção se concentra na análise de questões de desenvolvimento internacional com base nas visões seniana e rawlsiana. Neste sentido, serão estudadas questões sobre migração e mudanças climáticas. A questão internacional entra na abordagem dos autores no sentido que Sen visa uma nova perspectiva de desenvolvimento além da medida do Produto Interno Bruto e da renda, focando na expansão das liberdades dos indivíduos; enquanto Rawls aborda a questão das sociedades internacionais no sentido da utopia realista.

Sen (2011, p. 253) afirma que em relação à AC, a vantagem individual é julgada pela capacidade de uma pessoa para fazer coisas que ela tem motivo para valorizar, em que a vantagem de um indivíduo é considerada menor caso ele possua menos oportunidade real para fazer as coisas que valoriza. Esse raciocínio pode ser conectado com a questão do indivíduo ser afetado em situações de migração. Segundo Macedo (2007, apud Ventura, 2021), a entrada de novos membros em um país pode afetar negativamente a capacidade do Estado de prover bens públicos e de garantir políticas distributivas. Isso afeta as liberdades substantivas e instrumentais do migrante, uma vez que o Estado no qual ele está pretendendo ir não tem capacidade, ou sequer vontade, de atendê-lo, prejudicando-o nas oportunidades para fazer o que valoriza.

A questão da migração está ligada com o pensamento de Rawls, em que ele estabelece o conceito de utopia realista, em que:

A filosofia política é realisticamente utópica quando expande aquilo em que geralmente se pensa como os limites da possibilidade política prática. Nossa esperança para o futuro da sociedade baseia-se na crença de que a natureza do mundo social permite às sociedades democráticas constitucionais razoavelmente justas existirem como membros da Sociedade dos Povos. Em tal mundo social, a paz e a justiça seriam obtidas entre povos liberais e decentes nacional e internacionalmente. A ideia dessa sociedade é realisticamente utópica no sentido de que retrata um mundo social alcançável que combina o direito político e a justiça para todos liberais e decentes em uma Sociedade dos Povos (Rawls, 2019, p. 6-7).

Neste sentido, a questão da migração envolve as adversidades do desenvolvimento internacional, uma vez que esse problema, que afeta principalmente os povos não decentes, afetados por regimes opressivos, torna-se um dos principais empecilhos para um mundo social em que convivam povos liberais e decentes, ou seja, a migração é a parte realista pois deve levar em conta as condições reais do mundo. Logo, a utopia realista pode ser contratualista uma vez que ela se vale de leis efetivas da natureza e alcançar a estabilidade pela as razões certas (Rawls, 2019, p. 17).

Rawls também afirma em “O Direito dos Povos” que há inúmeras causas para a migração que desapareceriam na Sociedade dos Povos liberais, como a perseguição a minorias religiosas, opressão política, e a fome (Rawls, 2019, p. 10-11). Esse tipo de perseguição se conecta com a perspectiva normativa de Sen, uma vez que na sociedade estipulada por Rawls haveria o fim dessas perseguições, o que levaria ao aumento de liberdades substantivas e de bem-estar.

Em relação ao meio ambiente, devido à falta de fiscalização na política ambiental global, a obtenção de resultados justos depende de princípios mutuamente aceitos de justiça entre os Estados. Logo, surge um problema da ação coletiva, uma vez que cada país tem o poder de cooperar em um acordo climático comum, a maioria das nações abandonam como resposta à situação (Petroni, 2025). Portanto, os países acabam entrando como

caroneiros no acordo, uma vez que não colaboram para um acordo climático, mas se beneficiam dos cooperadores.

Rawls determina em “O Direito dos Povos” uma concepção política de justiça na utopia realista, em que a ideia de um cidadão livre é determinada por uma concepção liberal e não por alguma doutrina abrangente, que se estende para além da categoria política (Rawls, 2019, p. 20). Percebe-se então que Rawls, além de possuir fortes vínculos com o contratualismo, possui uma base normativa para explicar as sociedades internacionais, que é expressa pelo funcionalismo, em que se difere de Sen por focar nas capacidades básicas, na qual é aplicável a arranjos políticos e sociais.

A obra de Sen possui muitos pontos em comum com a vulnerabilidade socioeconômica em relação às mudanças climáticas. Neste sentido, percebe-se que o acesso a recursos relevantes não é garantido pela sua disponibilidade, mas depende da distribuição de direitos e do papel das instituições na definição de sua alocação. Os choques climáticos ameaçam os meios de subsistência, afetando os recursos naturais e seus ecossistemas (Capelli, 2023; Correa-Macana e Comim, 2013). Logo, o acesso a bens e recursos como alimentos e educação, que são afetados pelas mudanças climáticas, é dependente do papel dos governos e de como eles agem perante esses eventos.

6. Conclusão

Ao longo dessa pesquisa, pode-se desenvolver uma análise sobre dois aspectos de justiça, a contratualista e a normativa. Essas percepções são essenciais para entender questões de desenvolvimento internacional, como a migração e as mudanças climáticas, pautas que foram amplamente debatidas neste trabalho. Pode-se concluir que as teorias de Sen e Rawls são de extrema relevância para as Relações Internacionais, pois elas trazem ideais de sociedade e bem-estar, diferente das outras teorias.

Ao analisar as obras de Sen e Rawls, percebe-se como as teorias normativa e contratualista se conectam com os temas de migração e mudanças climáticas, pautas que influenciam no desenvolvimento internacional. Além disso, apesar da crítica de Sen ao contratualismo em “Uma Teoria da Justiça”, nota-se um aspecto normativo por parte de Rawls em “O Direito dos Povos”, na qual se difere de Sen. A obra “Uma Teoria da Justiça” foca nos princípios de justiça que Rawls propõe, já em “O Direito dos Povos”, o autor dá ênfase ao normativismo, expondo teorias como a utopia realista.

A AC de Sen, na qual é representada em “Desenvolvimento como Liberdade” e “A Ideia de Justiça”, possui um foco normativo, visando o bem-estar e o aumento das liberdades substantivas e instrumentais. Embora a obra “Desenvolvimento como Liberdade” tenha sido pouco estudada neste trabalho, ela foi essencial para entender os conceitos de liberdades que foram analisados ao longo da pesquisa; enquanto a “A Ideia de Justiça” permitiu compreender as críticas de Sen em relação à posição original de Rawls. Neste sentido, estudar as teorias de Sen e Rawls permite compreender as questões de desenvolvimento internacional com um foco voltado para as sociedades e bem-estar.

Outras possíveis aplicações para as questões de desenvolvimento internacional, com um foco além das teorias de Sen e de Rawls, abrangendo o papel das instituições, assunto estudado com profundidade por autores renomados. Entretanto, optou-se por focar no estudo das sociedades e dos indivíduos. Este trabalho focou na análise da migração e das mudanças climáticas como tópicos de desenvolvimento internacional. Essa perspectiva inspira mais estudos para aprofundar temas como refugiados climáticos e segurança alimentar. Pesquisas futuras são bem-vindas para agregar com a perspectiva rawlsiana e seniana de como pensar o internacional, bem como a aplicação de novas teorias das Relações Internacionais para agregar com o debate.

REFERÊNCIAS

- BASTA, Claudia. *From justice in planning toward planning for justice: A capability approach*. **Planning Theory**, v. 15, n. 2, p. 190-212, 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1473095215571399>. Acesso em 30/10/2025.
- CAPELLI, Federica. *Investigating the origins of differentiated vulnerabilities to climate change through the lenses of the Capability Approach*. **Economia Politica**, v. 40, n. 3, p. 1051-1074, 2023. Disponível em em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40888-023-00300-3>. Acesso em 30/10/2025.
- CORREA-MACANA, Esmeralda; COMIM, Flávio. *Mudança climática e desenvolvimento humano: uma análise baseada na Abordagem das Capacitações de Amartya Sen*. **Economía, sociedad y territorio**, v. 13, n. 43, p. 577-618, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/pdf/est/v13n43/v13n43a2.pdf>. Acesso em 30/10/2025.
- DELANTY, Gerard. *The prospects of cosmopolitanism and the possibility of global justice*. **Journal of Sociology**, v. 50, n. 2, p. 213-228, 2014. Disponível em: https://www.sciencespo.fr/ceri/plurispace/wp-content/uploads/2020/01/DELANTY_Prospects-Cosmopolitanism.pdf. Acesso em 30/10/2025.
- EICHSTELLER, Marta. *Migration as a capability: Discussing Sen's capability approach in the context of international migration*. **Social Inclusion**, v. 9, n. 1, p. 174-181, 2021. Disponível em: <https://www.cogitatiopress.com/socialinclusion/article/view/3587/1971>. Acesso em 30/10/2025.
- FLEURBAEY, Marc. *'Poverty as a Form of Oppression.'* In T Pogge (ed), *Freedom from Poverty as a Human Right: Who Owes What to the Very Poor?* New York: **Oxford University Press**, UNESCO, pp. 133-154, 2007.
- PETRONI, Lucas. *Every Climate Struggle is a Political Struggle: New Trends in Climate Justice*. **Brazilian Political Science Review**, v. 19, n. 2, p. e0005, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bpsr/a/wTRgDqdMDJRqZrgF7ZMnvg/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 30/10/2025.
- RAWLS, John. *O Direito dos Povos*. 2. ed. São Paulo: **Editora Martins Fontes**, 2019. ISBN: 978-85-8063-381-8.
- RAWLS, John. *Uma Teoria da Justiça*. São Paulo: **Editora Martins Fontes**, 1997. ISBN: 85-336-0681-8.
- SEN, Amartya Kumar. *A Ideia de Justiça*. São Paulo: **Editora Schwarcz**, 2011. ISBN: 978-85-8086-088-7.
- SEN, Amartya Kumar. *Desenvolvimento como Liberdade*. São Paulo: **Editora Schwarcz**, 2010. ISBN: 978-85-359-1646-1.
- VENTURA, Raissa Wihby. *Ética da migração internacional: generosidade, benevolência e cuidado*. **ethic@-An international Journal for Moral Philosophy**, v. 20, n. 3, p. 914-941, 2021.

EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA DE CAPITAL DOS ATIVOS DE ENERGIA DESDE A PRIVATIZAÇÃO NO BRASIL

João Francisco Reghini Barbosa

George André Willrich Sales

Resumo

A pesquisa tem por objetivo determinar como foram alocados os recursos levantados nos anos de 2020 a 2024 por meio de debêntures pelas empresas do setor elétrico presentes no índice Ibovespa, na composição de carteira teórica do 2º quadrimestre de 2025. Essa observação permite analisar se, o capital contraído pelas empresas estaria destinado a Melhora da infraestrutura do país, gerando assim uma maior capacidade de geração, transmissão e distribuição de energia. Ou se os recursos captados foram destinados ao fluxo da manutenção da empresa, demonstrando assim um comportamento oportunista dessas empresas para reduzir seu endividamento total, aproveitando a isenção na obtenção dos recursos, e alimentando seu fluxo de caixas. Na Pesquisa bibliográfica, buscou-se trazer à tona os diferentes subsetores de mercado em que estas empresas atuam. Observa-se que a maior parte do capital adquirido, foi destinado a utilização como fluxo de caixa para a empresa, contradizendo sua principal função, a melhora da infraestrutura nacional.

Palavras-chaves

Dívida – Energia – setor elétrico

Abstract

The research aims to determine how the funds raised from 2020 to 2024 through debentures by electricity companies listed on the Ibovespa index were allocated to the theoretical portfolio composition for the second quarter of 2025. This observation allows us to analyze whether the capital raised by these companies was intended for improving the country's infrastructure, thus generating greater energy generation, transmission, and distribution capacity. Or whether the funds raised were allocated to the company's maintenance flow, thus demonstrating opportunistic behavior by these companies to reduce their total debt, taking advantage of the exemption in obtaining funds, and boosting their cash flow. The bibliographic research sought to highlight the different market subsectors in which these companies operate. It was observed that most of the capital acquired was allocated to use as cash flow for the company, contradicting its main function: improving national infrastructure.

Keywords

Debt – Energy – Electricity Sector

1. Introdução

1.1. O Setor Elétrico Brasileiro e suas Implicações Econômicas

O setor elétrico demanda investimentos substanciais, tanto do setor público quanto da iniciativa privada, em todos os segmentos: geração, transmissão e distribuição. Para contextualizar a magnitude desses investimentos, destaca-se a expansão de mais de 100 mil quilômetros de linhas de transmissão entre 2004 e 2023, representando um aumento superior a 140%. (EPE, 2024). O consumo residencial, por exemplo, apresentou crescimento médio anual de 4% entre 2004 e 2023, e a eletricidade passou a representar aproximadamente metade do consumo energético total das residências neste período. Este fenômeno não reflete apenas o aumento na aquisição de equipamentos elétricos, mas também a crescente dependência da eletricidade como insumo essencial para a vida cotidiana. O mercado de energia elétrica brasileiro caracteriza-se pela coexistência de dois ambientes de contratação distintos: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), com maior nível de regulamentação, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), que permite maior flexibilidade nas negociações. Esta configuração confere ao setor uma dinâmica complexa e multifacetada. O ACL tem apresentado expansão significativa, especialmente nos segmentos industrial e comercial de maior porte. Em 2023, aproximadamente 90% do consumo industrial e 34% do consumo comercial foram atendidos pelo mercado livre (EPE, 2024). A questão central que esta pesquisa busca responder pode ser formulada da seguinte maneira: Quais as principais evoluções no setor energético brasileiro? Objetivo Geral: Realizar uma análise econômica abrangente do setor elétrico brasileiro, identificando as transformações recentes, os desafios estruturais e as perspectivas futuras, utilizando dados atualizados e fundamentação teórica econômica, a fim de proporcionar uma visão crítica e integrada do setor.

2 Referencial Teórico

2.1. Setor e Segmentos

O financiamento antecede o início da operação e, com a liberalização econômica dos anos 1990, ampliou-se a captação no mercado internacional, favorecendo a entrada de capital estrangeiro. Nesse contexto, Serrano (1999) destaca que a penetração em novos mercados tende a ocorrer por parcerias estratégicas, dada a necessidade de elevados aportes e a busca por diluição do endividamento. Paralelamente, o crescimento do consumo de energia no Brasil e as projeções de expansão reforçam a necessidade de investimentos contínuos e contratos de longa duração, usualmente indexados por indicadores de inflação. No segmento de transmissão, a remuneração do concessionário ocorre via Renda Anual Permitida (RAP), paga após a entrada em operação do ativo, condicionada ao cumprimento de requisitos e prazos, podendo haver incentivos quando a implantação ocorre em período inferior ao estipulado. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2022) projeta expansão relevante da rede básica, sinalizando potencial de investimentos em infraestrutura. No segmento de geração, a remuneração decorre da venda de energia em contratos do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e do Ambiente de Contratação Livre (ACL). No ACR, os contratos favorecem previsibilidade de receitas e planejamento financeiro, aspecto relevante à amortização de dívidas; no ACL, prevalecem contratos bilaterais livremente negociados, com maior flexibilidade comercial (FRANCISCO, 2019). Faria (2021) caracteriza o sistema brasileiro como hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância hidrelétrica e múltiplos proprietários, o que reforça a importância da gestão de riscos, especialmente em função da variabilidade climática. As distribuidoras são remuneradas por tarifas pagas pelos consumidores e por mecanismos de reajuste e revisão tarifária previstos nos contratos de concessão (FRANCISCO, 2019), sendo mais

expostas à inadimplência, com possível formação de “dívida circular” (ALI; BADAR, 2010). Ainda que operem em áreas de concessão com características monopolistas, esse risco pode comprometer o fluxo de caixa e a capacidade de honrar obrigações. Nesse cenário, destacam-se empresas integradas (híbridas), que buscam mitigar riscos específicos por meio de atuação em diferentes elos da cadeia e diversificação de fontes de receita.

2.2 Das Pesquisas Similares e Riscos

No contexto da emissão de dívidas por empresas do setor elétrico, a literatura aponta riscos capazes de afetar resultados, fluxo de caixa operacional e, conseqüentemente, o cumprimento do serviço da dívida. De Faria, Fernandes e De Souza (2010) identificam predominância de riscos estratégicos, operacionais e legais na evidenciação das companhias do setor, com menor menção ao risco de crédito. Os riscos estratégicos relacionam-se à possibilidade de perdas decorrentes de estratégias malsucedidas, considerando a dinâmica competitiva e, no caso do setor elétrico, a influência do arcabouço regulatório e da atuação estatal (DE FARIA; FERNANDES; DE SOUZA, 2010). Os riscos operacionais, por sua vez, incluem perdas potenciais associadas a falhas de sistemas, controles, gestão e eventos externos (CROUHY; GALAI; MARK, 2005), assumindo especial relevância para transmissoras, cuja remuneração depende da disponibilidade da rede. O risco legal decorre da complexidade contratual e regulatória, com destaque para efeitos do marco regulatório e das funções da agência reguladora (DE FARIA; FERNANDES; DE SOUZA, 2010). Já o risco de crédito materializa-se na possibilidade de inadimplência no pagamento de principal e juros, afetando diretamente a percepção de risco das emissões. Na precificação das debêntures, tais riscos são incorporados ao spread, definido no processo de *bookbuilding*, e influenciado por fatores como avaliação de mercado, apetite do investidor, conjuntura econômica, garantias e liquidez (SILVA et al., 2021). Comparações internacionais sugerem que condições macroeconômicas e desenvolvimento do mercado de capitais alteram o custo da dívida e o padrão de financiamento setorial. Araújo e Barcellos (2014) apontam que, no Canadá, juros e inflação mais baixos favoreceram um mercado de títulos mais desenvolvido e menor dependência de empréstimos, ao passo que, no Brasil, a maior dependência de crédito — inclusive via instituições públicas como o BNDES — tende a elevar o custo do financiamento. Assim, a ampliação do financiamento via mercado de capitais pode diversificar fontes, reduzir dependência de crédito bancário e contribuir para maior robustez do setor e do mercado de dívida corporativa.

QUADRO DE AMARRAÇÃO

Autor	O que foi dito	Achados
Serrano (1999)	Da intensidade de capital para o desenvolvimento do setor de energia elétrica	a expansão das modalidades de financiamento nacional e a entrada de capital internacional permitem novas modalidades de financiamento do setor elétrico, com repartição de riscos
Francisco (2019)	Ambiente de contratação regulada de energia elétrica Remuneração das transmissoras de energia elétrica	Mercado que permite a compra e venda de energia elétrica, no presente ou prazos futuros Seguem o determinado em contrato, podendo ser de diferentes tipos e visam o equilíbrio econômico-financeiro
Faria (2021)	Conceitualização de geradoras e transmissoras de energia elétrica	Estimativa de custo de capital regulatório das empresas do setor elétrico
Proskuryakova, Kzyngasheva e Starodubtseva (2021)	O impacto da inadimplência no setor de energia elétrica Russo	impactos setoriais cruzados e perda de competitividade ecológica na geração de energia
Reis (2021)	Definição de debentures Da ordem do uso dos recursos de uma empresa	Uma das formas possíveis de levantar capital e obter financiamento de fontes além de instituições financeiras Benefício fiscal no uso de dívida oriunda de terceiros.
Sant`anna (2016)	Propósitos para levantamento de capital	Redução de dívidas, expansão de projetos atuais e aquisições
Sales (2012)	Respostas do mercado às diferentes destinações de recursos	Influenciam no preço da ação, baseado nas diferentes destinações, gerando mudanças na expectativa perante o resultado da empresa
De Araújo e Barcellos (2014)	Análise de financiamentos do setor elétrico de 2003 a 2013	Intensidade de capital do segmento de geração, baixo desenvolvimento do mercado de capitais brasileiro em comparação ao canadense, uso exacerbado de Fundos nacionais e instituições financeiras para compor os recursos a serem empregados no projeto
De Faria, Fernandes e De Souza (2010)	Concentração dos riscos do setor elétrico e descrição	Demasiada concentração nos riscos estratégicos e operacionais
Crouhy, Galai e Mark (2005)	Descrição dos riscos operacionais	Perda oriunda de sistemas inadequados
Alves (2018)	Definição de <i>payout ratio</i>	Percentual de lucros distribuídos aos acionistas na forma de dividendos.

3. Metodologia da Pesquisa

O trabalho fundamenta-se em uma abordagem descritiva e exploratória, com ênfase na análise histórica do setor elétrico brasileiro. A pesquisa descritiva tem por objetivo

observar, registrar e analisar as estruturas, mecanismos e transformações do setor, sem intervenção direta sobre os fenômenos estudados, buscando delinear seu funcionamento e evolução recente. Nesse sentido, são analisados indicadores como capacidade instalada, padrões de consumo, mecanismos de contratação e qualidade dos serviços, com base em dados empíricos consolidados. A dimensão exploratória manifesta-se no aprofundamento dos mecanismos econômicos e institucionais do setor elétrico, especialmente diante do contexto de transição energética e reformas regulatórias em curso. Essa abordagem permite identificar tendências, desafios e interações entre variáveis econômicas, regulatórias e tecnológicas, bem como subsidiar a formulação de hipóteses e cenários prospectivos. Para tanto, utilizam-se projeções oficiais e estudos setoriais recentes, que contribuem para a análise das perspectivas futuras do setor. A pesquisa adota predominantemente uma abordagem baseada na coleta e análise de indicadores de oferta, demanda, preços, investimentos e qualidade dos serviços. Esses dados possibilitam a identificação de padrões, o cálculo de taxas de crescimento, a análise de correlações e o suporte empírico às discussões econômicas. E, baseia-se majoritariamente em fontes secundárias oficiais, incluindo publicações e bases da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Complementarmente, utilizam-se dados macroeconômicos e demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de relatórios de instituições financeiras de desenvolvimento, associações setoriais e literatura acadêmica especializada, visando ampliar a contextualização e a robustez analítica. Após a coleta, os dados foram submetidos a procedimentos sistemáticos de tratamento e análise. Observadas medidas como taxas de crescimento e participações, quando pertinentes. Esses procedimentos permitiram sintetizar as informações, facilitar a interpretação dos resultados e fundamentar as conclusões do estudo.

4. Análise Econômica do Setor Elétrico Brasileiro

4.1 Oferta de energia elétrica e estrutura da matriz

A oferta de energia elétrica no Brasil passou por profundas transformações nas últimas duas décadas, impulsionadas pela expansão da demanda, pela necessidade de diversificação da matriz e pelos compromissos ambientais. Entre 2004 e 2023, a capacidade instalada nacional aumentou aproximadamente 150%, passando de 90,7 GW para 226,0 GW (EPE, 2024). Apesar desse crescimento, a matriz manteve perfil majoritariamente renovável, com cerca de 89% da energia consumida internamente proveniente de fontes limpas em 2023. A hidroeletricidade permanece como principal fonte do sistema, representando 49% da capacidade instalada em 2023, embora sua participação relativa venha diminuindo com a inserção de novas fontes. O maior destaque do período foi a expansão das fontes eólica e solar fotovoltaica, que, conjuntamente, alcançaram cerca de 30% da capacidade instalada total em 2023. A energia solar, especialmente a micro e minigeração distribuída (MMGD), apresentou crescimento acelerado, com projeções do ONS (2024) indicando que sua participação poderá atingir aproximadamente 26% da capacidade do Sistema Interligado Nacional até 2028. A biomassa, notadamente o bagaço de cana-de-açúcar, consolidou-se como fonte complementar relevante, contribuindo para a segurança energética em períodos de restrição hídrica. As fontes não renováveis, sobretudo as termelétricas a gás natural, carvão e derivados de petróleo, mantêm papel estratégico na garantia do suprimento, embora com expansão mais moderada e crescente preocupação com eficiência econômica e ambiental. O Plano da Operação Energética 2024–2028 (ONS, 2024) aponta tendência de priorização de usinas térmicas com menor custo variável e maior flexibilidade operacional.

4.2 Expansão da geração e micro e minigeração distribuída

A expansão da geração elétrica brasileira foi viabilizada principalmente por meio dos leilões de energia introduzidos no novo modelo do setor elétrico em 2004. Esses mecanismos permitiram a contratação de nova capacidade com maior previsibilidade e preços competitivos, sendo fundamentais para a inserção das fontes renováveis. A redução dos custos tecnológicos, especialmente da energia eólica e solar, ampliou a competitividade dessas fontes em relação às termelétricas fósseis. Os investimentos no setor são intensivos em capital e caracterizados por longos prazos de maturação, o que torna a estabilidade regulatória fator essencial para a atração de investidores privados. Paralelamente, a expansão da MMGD alterou significativamente a dinâmica do setor. A geração distribuída, impulsionada pela queda dos custos dos sistemas fotovoltaicos e pelo modelo de compensação de energia instituído pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, trouxe benefícios econômicos aos consumidores-geradores, como redução da fatura e diversificação da matriz. Entretanto, o crescimento acelerado da MMGD gerou debates sobre subsídios cruzados e a adequada alocação dos custos da rede. A Lei nº 14.300/2022 estabeleceu um novo marco legal para a geração distribuída, com regras de transição e novos critérios de valoração da energia injetada, buscando maior equilíbrio econômico entre prosumidores e consumidores cativos. Os impactos dessas mudanças ainda estão em avaliação, especialmente quanto à sustentabilidade financeira das distribuidoras e ao planejamento da expansão do sistema.

4.3 Consumo de energia e comportamento da demanda

O consumo de energia elétrica no Brasil cresceu em todas as classes ao longo das últimas duas décadas, embora em ritmos distintos. O consumo residencial apresentou crescimento médio anual de cerca de 4% entre 2004 e 2023, passando de 78 TWh para 165 TWh (EPE, 2024), impulsionado pelo aumento da renda, pela universalização do acesso à energia e pela maior eletrificação dos domicílios. O consumo comercial também registrou crescimento significativo, associado à expansão do setor de serviços e à modernização dos estabelecimentos. O consumo industrial, embora tenha crescido de forma mais moderada, permanece como o maior segmento consumidor, respondendo por aproximadamente 35% do consumo total em 2023. A migração para o Ambiente de Contratação Livre (ACL) é particularmente relevante na indústria, onde cerca de 90% do consumo já ocorre nesse ambiente. Fatores macroeconômicos, como crescimento do PIB, taxa de juros, inflação e câmbio, exercem influência direta sobre a evolução do consumo em todas as classes. A demanda por energia elétrica apresenta, em geral, baixa elasticidade-preço no curto prazo, especialmente no setor residencial, dada sua natureza essencial. No longo prazo, entretanto, os consumidores podem ajustar seu comportamento por meio da adoção de equipamentos mais eficientes, mudanças de hábitos ou migração para o mercado livre. Políticas públicas, como programas de eficiência energética (PROCEL) e mecanismos de sinalização de preços, como as bandeiras tarifárias, buscam influenciar esse comportamento e promover o uso racional da energia.

4.4 Infraestrutura de transmissão, mercado livre e liberalização

A expansão da infraestrutura de transmissão foi fundamental para acompanhar o crescimento da geração e integrar novas usinas ao sistema. Entre 2004 e 2023, a extensão das linhas de transmissão com tensão igual ou superior a 230 kV aumentou mais de 140%, alcançando cerca de 185 mil km (EPE, 2024). Os leilões de transmissão, organizados pela ANEEL, têm sido eficazes na atração de investimentos, oferecendo remuneração

por meio da Receita Anual Permitida (RAP). Apesar disso, desafios como licenciamento ambiental, prazos de implantação e integração de fontes intermitentes persistem. Paralelamente, o Ambiente de Contratação Livre expandiu-se de forma expressiva. O número de consumidores livres passou de menos de 50 em 2004 para mais de 30 mil em 2023, e a participação do ACL no consumo total atingiu cerca de 40% (EPE, 2024). A liberalização trouxe benefícios como maior competição, redução de preços para consumidores migrantes e estímulo a investimentos em geração, especialmente renovável. Contudo, também impõe desafios regulatórios, como a adequada alocação de custos entre consumidores do mercado livre e regulado, evitando subsídios cruzados e assegurando a sustentabilidade econômica do sistema.

5. Conclusões e Recomendações para Pesquisas Futuras

Esta iniciação científica teve como propósito analisar as principais dinâmicas econômicas do setor elétrico brasileiro, com base em dados recentes de fontes oficiais e sob a ótica da teoria econômica. Ao longo dos capítulos, exploramos a evolução histórica e o arcabouço institucional, a metodologia empregada, a análise da oferta e demanda, a infraestrutura de transmissão e distribuição, a expansão do mercado livre e as projeções futuras, culminando em uma discussão dos resultados sob a perspectiva econômica. Nossa investigação confirmou a dinâmica e a relevância do setor elétrico brasileiro. A capacidade de geração de energia aumentou aproximadamente 150% entre 2004 e 2023, atingindo 226,0 GW (EPE, 2024). A matriz elétrica mantém sua predominância renovável (89% da oferta interna em 2023), com a ascensão da energia eólica e solar, que juntas representavam cerca de 30% da capacidade instalada em 2023. Esta transformação responde à nossa questão de pesquisa, sobre o impacto da evolução da matriz. Economicamente, essa mudança é impulsionada pela redução dos custos dessas tecnologias e por políticas de incentivo, mas também impõe desafios significativos em termos de custos de integração e da necessidade de flexibilidade do sistema para lidar com a intermitência, conforme destacado pelo ONS (2024). Em relação aos fatores que influenciam o consumo, observamos um crescimento consistente nos setores residencial (4% ao ano entre 2004-2023) e comercial (3,7% ao ano). Isso foi impulsionado pelo aumento da renda, pela universalização do acesso à energia (graças a programas como o Luz para Todos) e pela expansão do setor de serviços. O consumo industrial, embora o maior em volume (35% do total em 2023), cresceu mais moderadamente (21% no período), refletindo as flutuações da atividade industrial. Políticas públicas como o Luz para Todos tiveram um impacto direto no aumento do consumo em áreas rurais, enquanto a migração para o ACL foi um fator decisivo para as grandes indústrias e comércios (EPE, 2024). Sobre o papel da regulação e dos modelos de mercado, revelou que o arcabouço regulatório, com a coexistência do ACR e do ACL, tem moldado profundamente o setor. Os leilões no ACR foram cruciais para o aumento da oferta, enquanto o ACL (com 90% do consumo industrial e 34% do comercial em 2023) tem incentivado a competição e a busca por energia mais competitiva. A regulação da ANEEL sobre as tarifas e a qualidade (com melhorias nos indicadores DEC e FEC em 2024 e R\$ 1,122 bilhão em compensações – ANEEL, 2025) busca equilibrar os interesses e promover a eficiência. Sobre os impactos econômicos da infraestrutura de transmissão e da qualidade da distribuição, nossa pesquisa demonstrou a expressiva expansão da rede de transmissão (mais de 100 mil km adicionados entre 2004-2023 – EPE, 2024). Isso é essencial para integrar novas fontes e garantir a segurança do suprimento, embora exija investimentos contínuos e enfrente desafios de licenciamento e custos. A melhoria nos indicadores de qualidade da distribuição, incentivada pela regulação e pelo mecanismo de compensações, reduz as perdas econômicas para os consumidores e aumenta a confiabilidade do sistema. Esta iniciação científica

contribui para a área de Economia ao aplicar conceitos e teorias econômicas (como oferta e demanda, estruturas de mercado, regulação, falhas de mercado, externalidades) para analisar um setor específico e de importância estratégica para o desenvolvimento nacional. Ela demonstra como as ferramentas da análise econômica podem ser empregadas para compreender dinâmicas complexas, avaliar políticas públicas e identificar desafios e oportunidades em um setor que demanda capital intensivo e tecnologia, e que possui forte interconexão com questões sociais e ambientais. Para o setor elétrico, este trabalho oferece uma consolidação de dados recentes e uma análise integrada das principais tendências e desafios sob uma perspectiva econômica. Ao sintetizar informações de diversas fontes oficiais (EPE, ANEEL, ONS) e discuti-las criticamente, este estudo pode servir como material para interessados no funcionamento atual do setor elétrico brasileiro. As reflexões sobre os impactos da transição energética, a evolução dos mercados e a necessidade de aprimorar o arcabouço regulatório podem subsidiar os debates para o setor. Especificamente para o estudante, esta pesquisa representa uma oportunidade de aprofundar conhecimentos em Economia da Energia, desenvolver habilidades de pesquisa e aplicar os fundamentos teóricos da graduação em um estudo de caso prático e relevante para a formação como economista.

REFERÊNCIAS

- ALI, S. S.; BADAR, S. Dynamics of Circular Debt in Pakistan and Its Resolution. *The Lahore Journal of Economics*, [S. l.], p. 61-74, 15 set. 2010.
- ALVES, W. C. Buggpedia: O que é o Payout Ratio?: Payout ratio. [S. l.], 30 ago. 2018.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. (2025). Resultados do Desempenho das Distribuidoras na Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica em 2024. Brasília: ANEEL.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. (2012). Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Brasília: ANEEL.
- BERK, Jonathan; DEMARZO, Peter. *Corporate Finance*. 3. ed. [S. l.]: Pearson, 2014. 1106 p. ISBN N 978-0-13-299247-3.
- BRASIL. (2022). Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Diário Oficial da União, Brasília.
- BRASIL. (2004). Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. Diário Oficial da União, Brasília.
- BRASIL. (2002). Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Diário Oficial da União, Brasília.
- COPELAND, Thomas E.; WESTON, J. Fred. *Financial Theory and Corporate Policy*. [S. l.: s. n.], 1988. 958 p. ISBN 0-201-10648-5.a
- CROUHY, M; GALAI, D; MARK, D. *essentials of Risk management* McGraw-Hill Professional, 2005.
- DAMODARAN, Aswath. *Applied Corporate Finance*. 4. ed. [S. l.: s. n.], 2014. 654 p. ISBN 978-1-118-80893-1.
- DE ARAÚJO, Daniel Freitas; BARCELLOS, João Augusto de Souza. *Estudo comparativo do padrão de financiamento de empresas dos setores elétricos brasileiro e canadense*. 2014. 107 p. Estudo (Graduação em Engenharia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, [S. l.], 2014.
- DE FARIA, A. C, FERNANDES, F. C.; SOUZA, J. A. L. de; Evidenciação de riscos e captação de recursos no mercado de capitais: um estudo do setor de energia elétrica. *Contabilidade, Gestão e Governança*, [S. l.], p. 59-73, 30 abr. 2010.

FARIA, Y. R. . Custo de capital no setor elétrico brasileiro. 2021. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação Lato Sensu em Gestão Estratégica de Negócios.) - CEPEAD/CAD/FACE da Universidade Federal de Minas Gerais, [S. l.], 2021.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. (2024). Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024: Retrospectiva 2004-2023. Rio de Janeiro: EPE.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. (2024). Balanço Energético Nacional 2024: Ano base 2023. Rio de Janeiro: EPE.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. (2024). Plano Decenal de Expansão de Energia 2034. Rio de Janeiro: EPE.

FOCUS ENERGIA. *Comercializadora de energia: tudo o que você precisa saber*. [S. l.], 2 mar. 2021.

FRANCISCO, G. *Entenda mais sobre o setor elétrico: Entenda tudo sobre o setor elétrico e seus segmentos de geração, transmissão e distribuição*. Conteúdos XP, [s. l.], ano 2019, p. 0-0, 19 jul. 2019.

JAFFE, Jeffrey; WESTERFIELD, Randolph W.; LAMB, Roberto; ROSS, Stephen A. *Administração Financeira*. 10. Ed. [S. l.]: AMGH, 2015. 1224 p. ISBN 978-85-8055-432-8.

MYERS, S. C.; MAJLUF, N. S. Corporate financing and investment decisions when firms have information investors do not have. *Journal of Financial Economics*, v. 13, p. 187-222, 1984

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2024). Plano da Operação Energética 2024/2028 (PEN 2024). Rio de Janeiro: ONS.

PIRES, J. C. L., & PICCININI, M. S. (1999). Modelos de regulação tarifária do setor elétrico. *Revista do BNDES*, 6(12), 147-168.

PROSKURYAKOVA, L; KYZNGASHEVA, E; STARODUBTSEVA, A. *Russian electric power industry under pressure: Post-COVID scenarios and policy implications*. Elsevier, [S. l.], p. 1-11, 5 jun. 2021.

REIS, T. *Juros Sobre Capital Próprio: o que é e como funciona o JCP?*. [S. l.], 19 jul. 2017. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/entenda-o-jcp/>.

REIS, T. *Debêntures: veja o que são e como funciona esse ativo de Renda Fixa*. Suno, [S. l.], p. 0-0, 19 out. 2021. Disponível em: <https://www.suno.com.br/guias/debentures/>. Acesso em: 28 nov. 2021.

SALES, G. A. W.. Estudo da destinação dos recursos captados em ofertas públicas de ações no Brasil e seus efeitos. 2012. 89 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, [S. l.], 2012.

SANT' ANNA, A. A. Crescimento de debentures financia capital de giro. *Visão do desenvolvimento*, [s. l.], p. 23-28, 2006.

SERRANO, R. O. L. O setor elétrico e sua inserção num cenário globalizado. [S. l.: s. n.], 1999. 23 p.

SILVA, C. V. de O. BRUNI, A. L., JÚNIOR, CARVALHO V. D. B., SILVA, Aplicação dos recursos captados através de debêntures: uma análise empírica no Brasil In: Simpósio de Excelência em Gestão, Seget, 2007, Rezende. *Anais do Simpósio de Excelência em Gestão, Seget*, 2007.

TOLMASQUIM, M. T. (2011). *Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro*. Rio de Janeiro: Synergia.

VARIAN, H. R. (2015). *Microeconomia: uma abordagem moderna*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

WAINBERG, R.. *Taxa de retorno: aprenda a medir a performance dos seus investimentos*. Suno Artigos, [S. l.], p. 0-0, 8 dez. 2017.

DEEPPFAKES E AUTENTICIDADE DA INFORMAÇÃO

Lucas Ken Kuniyoshi^[1]

Ronaldo Barbosa^[2]

RESUMO

O projeto tem o objetivo de explicar o que são os deepfakes, suas origens, e seu desenvolvimento até os dias atuais, analisando as repercussões dessa tecnologia na sociedade e explorar possíveis soluções futuras para lidar com uma tecnologia tão perigosa.

Palavras-chave

deepfake. inteligência artificial. desinformação.

ABSTRACT

The goal of the project is to explain what deepfakes are, their origins, and their development to the present day, analyzing the repercussions of this technology on society and exploring possible future solutions to deal with such a dangerous technology.

Keywords

deepfake. artificial intelligence. misinformation.

[1] lucask.kuniyoshi@gmail.com Aluno do Curso de Ciência de Dados e Inteligência Artificial do IBMEC-SP

[2] professor.ronaldobarbosa@gmail.com Professor do Curso de Ciência de Dados e IA do IBMEC-SP

1 INTRODUÇÃO

Em 2022, um vídeo do Presidente da Ucrânia, Volodymyr Zelenskyy, declarando para seus soldados desistirem da guerra contra a Rússia e retornarem às suas famílias, passou a circular nas redes sociais, mesmo que a sua imagem estivesse declarando essa mensagem, era evidente que havia algo de errado, o rosto desproporcional e de baixa resolução comparado ao corpo, além da voz que não coincidia com a do Presidente.

Na verdade, o vídeo se tratava de um *deepfake*, uma falsificação digital, que utiliza inteligência artificial para representar qualquer indivíduo fazendo o ato que o criador do vídeo, imagem ou áudio desejar, sem qualquer necessidade de consentimento da pessoa retratada.

Felizmente, esse *deepfake* não era dos mais convincentes, “O vídeo do Zelenskyy foi o melhor caso de um problema causado por deepfake” disse Sam Gregory diretor executivo do witness.org, devido à baixa qualidade da alteração, a resposta rápida do Presidente para desmentir o vídeo e as políticas específicas sobre deepfakes do Facebook.

Caso a tecnologia implementada fosse mais sofisticada, as consequências geradas poderiam ser catastróficas, influenciando diretamente no quadro geopolítico do mundo e afetando toda a humanidade. Por isso, é importante que as pessoas tenham conhecimento sobre o que são *deepfakes*. De onde surgiu uma ferramenta tão poderosa, capaz de invalidar a credibilidade de imagens e vídeos como representações objetivas da realidade? Qual foi sua trajetória até os dias atuais? Quais são alguns de seus casos mais emblemáticos? E o que pode ser feito para combater os crimes cometidos com *deepfakes*?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRIMEIRAS FALSIFICAÇÕES

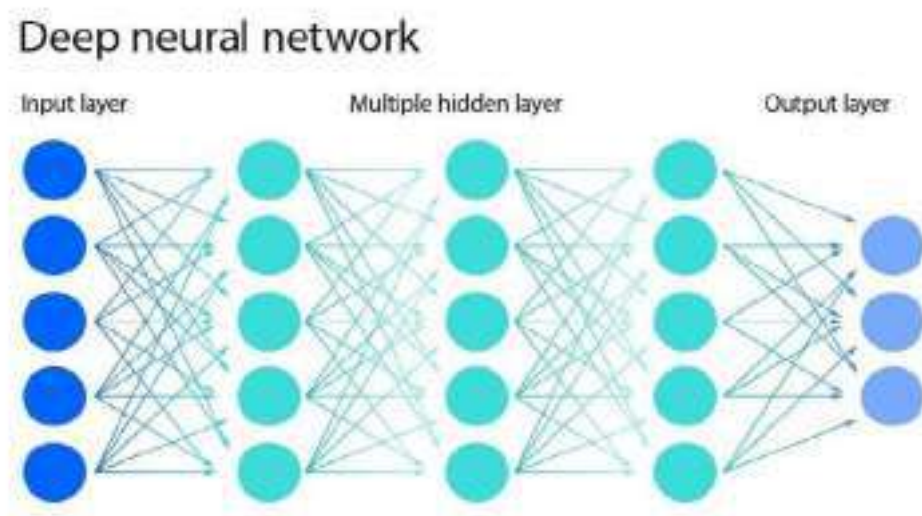
A falsificação de imagens e vídeos não é uma prática recente. Ao longo da história, a humanidade manipulou mídias visuais pelos mais diversos motivos, como por exemplo no regime soviético, pessoas que inicialmente apareciam em fotos oficiais eram posteriormente removidas quando se tornavam opositoras do governo. Essa manipulação visava apagar sua existência dos registros históricos e controlar a narrativa oficial.

As manipulações tradicionais para serem convincentes precisavam ser feitas por especialistas e exigiam tempo e técnica, e ainda eram capazes de serem detectadas por uma inspeção minuciosa, entretanto, os deepfakes se destacam porque são quase indistinguíveis da realidade, além da sua acessibilidade e facilidade de uso, de modo que qualquer pessoa consiga criar materiais extremamente danosos para a sociedade e outros indivíduos.

2.2 DEFINIÇÃO DE DEEPFAKES

Na verdade, deepfake é um termo amplo que pode se referir sobre qualquer material sintético criado com inteligência artificial, incluindo: vídeo, imagem e áudio, pode retratar pessoas falando e fazendo coisas que nunca aconteceram. Com o foco deste trabalho sendo os deepfakes de vídeo, lip-sync, face-swap e full-body reenactment.

Os deepfakes são feitos através de métodos de deep learning, que usa múltiplas camadas de redes neurais, consiste em camadas com diversos nós que agem como neurônios, como a: camada de input, que recebe os dados, por exemplo: vídeos de pessoas, animais, fotos, áudios; camadas ocultas responsáveis pela interpretação dos dados com pesos e vieses; e a camada de output, onde os resultados finais são feitos



Fonte: LEE, FangFang. O que é uma rede neural? 2025.

2.3 PRIMEIROS DEEPPFAKES

O que pode ser considerado o primeiro deepfake surgiu em 1997, criado por Christoph Bregler, Michele Covell e Malcolm Slaney, o chamado Video Rewrite é um sistema capaz de criar vídeos de pessoas falando palavras que não foram ditas por elas próprias. A técnica depende de uma base de dados de uma pessoa falando normalmente, e dado um áudio qualquer, um novo vídeo é automaticamente sintetizado da pessoa proferindo o conteúdo do áudio.

O deepfake é do tipo *lip-sync*, “sincronização de lábios”, o processo é automatizado com inteligência artificial através de reconhecimento de fala e técnicas de visão computacional para rastrear pontos na boca do locutor na filmagem de treinamento para combinar esses gestos bucais na sequência final do vídeo. O novo vídeo combina a dinâmica das articulações do ator original com os maneirismos e o cenário ditados pela filmagem de fundo. O Video Rewrite é o primeiro sistema de animação facial a automatizar todas as tarefas de rotulagem de fonemas e montagem necessárias para ressincronizar filmagens existentes com uma nova trilha.

E em 2016, outro deepfake do tipo *lip-sync* é criado, o Face2Face permite capturar expressões faciais de uma pessoa e transferi-las para o rosto de outra. Em outras palavras, é capaz de fazer uma pessoa imitar em tempo real as expressões de outra.

Os autores dos primeiros deepfakes inicialmente idealizaram o uso da ferramenta para produção de filmes, dublagem, vídeo chamadas e efeitos especiais. Mal poderiam imaginar que suas criações serviriam de base para o desenvolvimento de tecnologias modernas empregadas de forma maliciosa.

2.4 CRIAÇÃO DO FACE-SWAP

O tipo de deepfake mais emblemático, conhecido como troca de rostos, surgiu em 2017, criado pelo usuário do *Reddit*, um fórum online. Foi a partir do nome online de seu criador o “deepfakes”, resultante da junção de *deep*, em referência ao deep learning, e *fake*, que significa falso, que o termo deepfake foi batizado.

O programa “FakeApp” criado pelo usuário do fórum utilizava um tipo de rede neural chamado *autoencoder-decoder*. O *autoencoder* aprende as características principais de um rosto, como: olhos, nariz e boca. Enquanto o *decoder* assimila essas informações e reconstrói a imagem do rosto no corpo de outra pessoa.

Então, o programa assimilava as características do rosto da pessoa A, mas usava o *decoder* do rosto da pessoa B para reconstruir a imagem, resultando no rosto A transformado para parecer o rosto da pessoa B.

É preocupante o fato do programa ser criado por um usuário anônimo usando ferramentas como o TensorFlow, que o Google disponibiliza publicamente para qualquer um com interesse em inteligência artificial e aprendizado de máquina.

No entanto, a ferramenta nasceu com um propósito intrinsecamente malicioso, desde sua concepção, o FakeApp foi deliberadamente projetado por seu desenvolvedor com o objetivo de criar conteúdo pornográfico sem a permissão das pessoas representadas nos vídeos, a fim de serem compartilhados no fórum.

E com o conteúdo altamente convincente a comunidade r/deepfakes cresceu rapidamente, e em questão de meses alcançou cerca de 100 mil membros, que produziam e divulgavam conteúdo com rostos de celebridades sobrepostos sobre outras pessoas em vídeos explícitos.

Mas cerca de alguns meses depois, já em 2018, a empresa banuiu a comunidade e afirmou em um comunicado: “O Reddit se esforça para ser uma plataforma acolhedora e aberta para todos, confiando em nossos usuários para manter um ambiente que cultive conversas genuínas. A partir de 7 de fevereiro de 2018, fizemos duas atualizações em nossa política geral do site em relação à pornografia involuntária e conteúdo sexual ou sugestivo envolvendo menores. Essas políticas eram anteriormente combinadas em uma única regra; agora, serão divididas em duas distintas. Comunidades focadas nesse conteúdo e usuários que postarem tal conteúdo serão banidos do site.”

2.5 PRIMEIRO VÍDEO VIRAL CRIADO COMPLETAMENTE POR IA

Em 2023, um vídeo de gerado por IA do ator Will Smith comendo espaguete se tornaria viral nas redes sociais, o clipe foi criado usando a ferramenta Text2Video do ModelScope, e o resultado foi perturbante para o público, que até então, apenas era familiarizado com imagens geradas por inteligência artificial, que já possuíam um grau consideravelmente mais alto de realismo devido a sua menor complexidade.

Imagem 2 – Evolução dos geradores de vídeo com inteligência artificial



Fonte: GRIFFITHS, Brent. Then vs. now: AI videos of Will Smith eating spaghetti show just how advanced the tech has gotten. 2025.

Devido à estranheza do vídeo, sua popularização nas redes aconteceu rapidamente e de forma massiva, na época, muitos subestimaram a capacidade da IA de gerar conteúdo convincente, mas como dito em um artigo da Forbes “Todos nós rimos dos primeiros dias das imagens geradas por IA, quando rostos derretidos, membros tortos e ausentes, e dedos extras eram a norma; agora, essas imperfeições estão desaparecendo.”

E que, assim como as imagens geradas por IA, “Vídeos gerados por IA certamente ficarão mais nítidos, em algum momento, e se tornarão uma ferramenta para pegadinhas engraçadas e desinformação perigosa. Por enquanto, eles são muito divertidos e uma maneira de gerar bizarrices.” Previsão que se provou certa em pouco tempo, atualmente, vídeos deepfake gerados por IA mais sofisticados são quase indistinguíveis da realidade, e são usados para vídeos humorísticos e campanhas de fake news. Hoje, o infame vídeo do Will Smith serve de referência como os modelos generativos de vídeo começaram com resultados pouco convincentes.

2.6 Veo 3

O marco mais recente na história dos deepfakes aconteceu em maio de 2025, quando o Google Deepmind lançou seu novo modelo de texto para vídeo, o Google Veo 3, de acordo com Demis Hassabis, CEO do Google DeepMind, “Pela primeira vez, estamos emergindo da era silenciosa da geração de vídeo”. O modelo se destaca pelo seu realismo, capacidade de processar áudio, consistência temporal, resultados mais precisos de acordo com as instruções e mais controle criativo do usuário.

2.6.1 Como funciona?

Resumidamente, o modelo recebe um texto como entrada e traduz essa informação para vídeo. E através de redes neurais é treinado com enormes conjuntos de vídeos, assim, “aprende” sobre padrões de movimento, iluminação e consistência temporal. Diferente de modelos menos sofisticados, o Veo entende a relação entre espaço e tempo, gerando não apenas a cena estática, mas também como ela evolui.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, a metodologia adotada baseou-se em pesquisa bibliográfica, se baseando em artigos científicos, relatórios técnicos, matérias jornalísticas e documentos de organizações especializadas em segurança digital, com o objetivo de identificar e organizar eventos relevantes na história dos deepfakes.

O material levantado foi organizado de maneira que proporcionasse a compreensão clara da evolução dos deepfakes ao decorrer do tempo, contendo os principais marcos tecnológicos da área. A análise dos dados consistiu em reflexão crítica sobre os materiais, considerando as implicações sociais e éticas e potenciais meios para lidar com os deepfakes.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DE CASOS DE USO RECENTES

Os deepfakes são muito mais do que uma mera ferramenta tecnológica, seu impacto transcende o meio digital e tem repercussões preocupantes no mundo real, são usados para os mais diversos propósitos, sendo a maioria predominantemente utilizada com intenções maliciosas.

Apesar da natureza controversa dos deepfakes, um dos usos mais emblemáticos é em uma campanha contra malária, o vídeo retrata o ex-jogador David Beckham falando fluentemente em 9 línguas diferentes, o intuito do uso do deepfake era o jogador falar com o espectador de forma mais direta e impactante.

Entretanto, o uso dos deepfakes para o bem constitui a minoria dos casos, a maioria das notícias envolve pornografia não consensual, fraudes, desinformação e fake news, como por exemplo: em 2024, dois alunos do ensino fundamental do estado da Flórida, de apenas 13 e 14 anos foram presos por criarem conteúdo explícito retratando outros colegas da mesma escola, com idades entre 12 a 13 anos.

Com o desenvolvimento descontrolado das inteligências artificiais, deepfakes se tornam cada vez mais acessíveis, além disso seu manuseio é tão fácil que até mesmo crianças sem conhecimento profundo de IA conseguem fazer criações extremamente danosas para a sociedade.

Em 2024, a empresa britânica de engenharia Arup, foi vítima de um golpe envolvendo deepfake, um funcionário responsável pelas finanças da empresa, ao entrar em uma videoconferência, que incluía até mesmo o diretor financeiro da Arup, foi convencido de fazer 15 transferências para outras contas somando cerca de 25 milhões de dólares, sem saber que aqueles presentes na reunião não eram quem pareciam ser, todos eram criações deepfake fingindo ser outros funcionários da empresa.

Casos como esses apenas evidenciam a capacidade dos deepfakes de fabricar conteúdos enganosos, que são extremamente prejudiciais para indivíduos e para a sociedade como um todo, portanto, não é viável que uma ferramenta tão perigosa continue publicamente disponível para qualquer um e é necessário algum tipo de ação seja tomada.

4.2. Medidas de prevenção e detecção

Pensando nisso, o Google DeepMind desenvolveu o SynthID, uma ferramenta que coloca marcas-d'água para a identificação de conteúdo gerado por IA, aplicando marcas-d'água digitais em imagens, ou vídeos gerados por IA. Entretanto, não é universal, pois é apenas integrado em ferramentas do próprio Google, ou seja, outros modelos não possuem tal identificação.

Em maio de 2025, o Congresso e o Presidente dos Estados Unidos, sancionaram um projeto de lei, o “Take It Down Act”, que criminaliza a distribuição de pornografia não consensual, tanto real quanto fabricada. Outros projetos de lei similares com a finalidade de criminalizar esse tipo de deepfake estão sendo desenvolvidos por todo o mundo, no Brasil, na Coreia do Sul, Espanha, Reino Unido, e muitos outros países já aprovaram ou estão em processo de aprovação.

Um dos projetos mais promissores é a Iniciativa de Autenticidade de Conteúdo, idealizada pela Adobe, The New York Times e X, com o objetivo de melhorar a transparência de mídias digitais através de um sistema que criptografa os metadados da foto ou vídeo, informações como o autor, o dispositivo, se houve alterações, quando foi manipulado, uma vez que essas informações estão criptografadas, não podem mais ser alteradas, e assim, é possível confiar na autenticidade do vídeo ou imagem sem a preocupação de ser um deepfake. A iniciativa se mostra mais relevante pois busca identificar todo material verdadeiro, enquanto o SynthID identifica material falso, de acordo com especialistas, cerca de 90% de todo conteúdo na internet será gerado por IA até 2026, o que torna muito mais prático rotular o conteúdo real.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, a análise histórica dos deepfakes e de seu histórico de uso recorrente para cometer crimes, é conclusivo que os impactos negativos dessa tecnologia sobrepõem os efeitos positivos. Torna-se evidente que os deepfakes se tratam de uma questão de segurança global. Nesse sentido, há a necessidade de regulamentação rigorosa pelo mundo todo, por meio de projetos de lei que restrinjam sua utilização a contextos legítimos, como produções de marketing, publicidade, filmes e séries, acompanhados de contratos de responsabilidade que assegurem o uso ético da tecnologia. Além disso, é fundamental que conteúdos criminosos gerados por inteligência artificial sejam proibidos, removidos das plataformas e que sua produção, circulação e posse sejam legalmente sancionadas. Somente assim será possível reduzir os danos associados a essa ferramenta e garantir que seu uso permaneça vinculado a finalidades construtivas.

REFERÊNCIAS

- BORGES, Rebeca. *Câmara aprova projeto que pune divulgação de “deepfake” com conteúdo sexual*. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/politica/camara-aprova-projeto-que-pune-divulgacao-de-deepfake-com-conteudo-sexual/>. Acesso em: 21 agosto 2025.
- Chen, Brian. *Why A.I. Should Make Parents Rethink Posting Photos of Their Children* Online. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/politica/camara-aprova-projeto-que-pune-divulgacao-de-deepfake-com-conteudo-sexual/>. Acesso em: 17 agosto 2025.
- CHOW, Andrew R. *Inside the First Major U.S. Bill Tackling AI Harms—and Deepfake Abuse*. 2025. Disponível em: <https://time.com/7277746/ai-deepfakes-take-it-down-act-2025/>. Acesso em: 22 agosto 2025.
- DESMARAIS, Anna. *Espanha poderá multar empresas de IA até 35 milhões de euros por rotulagem incorreta de conteúdos*. 2025. Disponível em: <https://pt.euronews.com/next/2025/03/12/espanha-podera-multar-empresas-de-ia-ate-35-milhoes-de-euros-por-rotulagem-incorreta-de-co>. Acesso em: 21 agosto 2025.
- DI PLACIDO, Dani. *Will Smith Eating Spaghetti Is the Latest AI-Generated Eldritch Abomination*. 2023. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/danidiplacido/2023/04/03/will-smith-eating-spaghetti-is-the-latest-ai-generated-eldritch-abomination/>. Acesso em: 26 abril 2025.
- GRIFFITHS, Brent. *Then vs. now: AI videos of Will Smith eating spaghetti show just how advanced the tech has gotten*. 2025. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/danidiplacido/2023/04/03/will-smith-eating-spaghetti-is-the-latest-ai-generated-eldritch-abomination/>. Acesso em: 1 dezembro 2025.
- GOLBY, Joel. *I thought I was immune to being fooled online. Then I saw the pope in a coat*. 2023. Disponível em: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2023/mar/27/pope-coat-ai-image-baby-boomers>. Acesso em: 25 abril 2025.
- HASKINS, Caroline. *Florida Middle Schoolers Arrested for Allegedly Creating Deepfake Nudes of Classmates*. 2024. Disponível em: <https://www.wired.com/story/florida-teens-arrested-deepfake-nudes-classmates/>. Acesso em: 10 junho 2025.
- HERN, Alex. *Reddit bans ‘deepfakes’ face-swap porn community*. 2018. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2018/feb/08/reddit-bans-deepfakes-face-swap-porn-community>. Acesso em: 25 abril 2025.
- LEE, Fangfang. *What is a neural network?*. 2025. Disponível em: <https://www.ibm.com/think/topics/neural-networks>. Acesso em: 23 agosto 2025.

MILMO, Dan; HERN, Alex. *'Inceptionism' and Balenciaga popes: a brief history of deep-fakes*. 2024. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2024/apr/08/inceptionism-and-balenciaga-popes-a-brief-history-of-deepfakes>. Acesso em: 23 abril 2025.

OBENG, Alexis. *Weaponizing reality: The evolution of deepfake technology*. 2025. Disponível em: <https://www.ibm.com/think/x-force/weaponizing-reality-evolution-deepfake-technology>. Acesso em: 27 setembro 2025.

REGAN, Gabe. *A Brief History of Deepfakes*. 2024. Disponível em: <https://www.realitydefender.com/insights/history-of-deepfakes>. Acesso em: 2 junho 2025.

SEO, Yoonjung; VALERIO, Mike. *Deepfake porn is destroying real lives in South Korea*. 2025. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2025/04/25/asia/south-korea-deepfake-crimes-intl-hnk-dst>. Acesso em: 17 agosto 2025.

WIGGERS, Kyle. *Veo 3 can generate videos — and soundtracks to go along with them*. 2025. Disponível em: <https://techcrunch.com/2025/05/20/googles-veo-3-can-generate-videos-and-soundtracks-to-go-along-with-them/>. Acesso em: 22 junho 2025.

MONETARY THEORY AND INFLATION

Felipe Figueiró Tavares Carvalho

Francisco Carlos

ABSTRACT

This paper investigates the origins and persistence of inflation by integrating monetarist, New Keynesian, and fiscal theories, with historical and recent evidence. Using case studies such as the German Hyperinflation (1921–1923), the U.S. Great Inflation (1965–1982), the post-pandemic inflation surge (2020–2023), and the Brazilian case, we demonstrate that inflationary persistence is associated with the absence of credible nominal anchors — both monetary and fiscal. The methodology includes comparative analysis of historical episodes and theoretical modeling based on Cagan (1956), Sargent (1982), and Leeper (1991). We conclude that stabilization requires a credible regime shift, where coordination between monetary and fiscal policies restores confidence and anchors expectations. The paper synthesizes the three theoretical schools, showing that institutional credibility is the key factor in preventing inflationary shocks from becoming persistent.

Keywords

Inflation. Nominal Anchors. Fiscal Theory of the Price Level. Credibility. Monetary Regimes.

1. Introduction

This paper investigates the origins of inflation by integrating monetarist, New Keynesian, and fiscal theories with evidence from the U.S. Great Inflation, Latin American highinflation episodes, classic hyperinflations, and the 2021–2023 surge in advanced economies. Using a crosscountry panel (1960–2024) and identified timeseries shocks, we document that persistent inflation is strongly associated with sustained excess money growth only in regimes lacking a credible nominal anchor or fiscal backing. In contrast, when monetary policy is active and fiscal plans are consistent with debt stabilization, relative price and supply shocks fail to generate persistence. Fiscal news shocks move inflation in a manner consistent with the Fiscal Theory during fiscally dominant periods, while contractionary monetary surprises lower inflation more rapidly in advanced economies than in Brazil, reflecting a stronger exchange rate channel in the latter. A hyperinflation case study confirms Cagan’s expectations-driven money demand and highlights stabilization as a regime shift. The results reconcile competing theories: shocks ignite inflation, but anchors (monetary and fiscal) determine whether it persists.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

Monetarist theory, associated with Friedman (1968), emphasizes excessive money growth as the primary cause of inflation. In contrast, the New Keynesian approach, based on Galí (2000) and Woodford (2003), introduces nominal rigidities and forward-looking expectations, modeled by the expectations-augmented Phillips Curve.

The Fiscal Theory of the Price Level (Leeper, 1991) complements these views by arguing that, under fiscal dominance, an unsustainable public debt trajectory can lead to adjustments in the price level, regardless of monetary policy. Cagan (1956), in turn, showed that in hyperinflations, the demand for money collapses due to a loss of confidence, making inflation a self-fulfilling phenomenon.

These perspectives converge on the idea that the credibility of the macroeconomic concept, the nominal anchor, is essential to prevent inflationary persistence.

3. METHODOLOGY

This article adopts a qualitative and theoretical-comparative approach, based on: a bibliographic review of the three theoretical currents; analysis of historical cases including Germany (1921-1923), the United States (1965-1982), Brazil (1980s and current period), and the post-pandemic inflationary episode; use of simple formal models such as the Cagan equation and the New Keynesian Phillips Curve; and an interpretive synthesis based on the concept of credible anchors. No econometric methods were employed; rather, the research relies on theoretical interpretation of historical evidence and secondary data from reports and central banks.

4. ANALYSIS OF RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 Cagan’s Model and Regime Shifts

The dynamics of hyperinflation were formally modeled by Phillip Cagan (1956) in *The Monetary Dynamics of Hyperinflation*. Cagan emphasized that in extreme inflationary environments, the collapse of money demand is as important as money creation itself. His formulation expressed the demand for real balances as an exponentially declining function of expected inflation:

$$M_t/P_t = k e^{-\alpha \pi_t^e}$$

where M_t/P_t denotes real money demand, π_t^e is expected inflation, $k > 0$ is a scale parameter, and $\alpha > 0$ captures the sensitivity of money demand to expectations (CAGAN, 1956).

This framework illustrates why hyperinflation is fundamentally expectations-driven. If economic agents anticipate higher inflation tomorrow, they will reduce their money holdings today, accelerating velocity (V) and pushing prices upward even if money supply growth does not immediately change. In this sense, expectations become self-fulfilling: hyperinflation persists not because of mechanical money growth alone, but because of the loss of credibility in monetary and fiscal institutions (CAGAN, 1956).

The concept of an anchor becomes critical in this context. An anchor is a credible monetary or fiscal commitment that restores confidence in the currency by tying expectations to a stable regime. Anchors can take various forms: a commodity standard (e.g., gold), a fixed exchange rate (e.g., Argentina's currency board in the 1990s), strict fiscal discipline, or an independent central bank pursuing inflation targeting. The key requirement is credibility: unless households and firms believe the regime has permanently changed, money demand will not recover (SARGENT, 1982).

Historical cases illustrate this mechanism. In Weimar Germany (1923), hyperinflation ended only after the introduction of the Rentenmark, backed by land and industrial assets, combined with fiscal reforms that eliminated deficit monetization. This was not merely a monetary contraction but a regime shift, signaling to the public that the rules of the game had changed. Similarly, in Brazil (1980s–1994), inflationary persistence was broken only after the Real Plan combined a temporary unit of account (the URV) with fiscal adjustment and central bank discipline. The reform was credible because it addressed both sides of the problem: it eliminated automatic indexation mechanisms that fueled inertial inflation and constrained fiscal dominance, allowing money demand to recover. In the United States during the Volcker disinflation (1979–1982), inflation expectations were re-anchored only when the Federal Reserve credibly committed to a restrictive monetary stance, despite short-term costs in unemployment and output. These cases reconcile competing theories of inflation. Shocks—such as war reparations in Germany, fiscal crises in Bolivia, or oil price increases in the United States—may ignite inflationary pressures. However, whether inflation escalates into hyperinflation or persists as chronic inflation depends on the presence (or absence) of credible anchors (MOSS, 2005).

In other words:

Inflation persistence $\Rightarrow$ Weak or absent anchors (monetary + fiscal) Inflation stabilization $\Rightarrow$ Credible regime shifts with strong anchors.

Thus, Cagan's model and subsequent historical evidence highlight that inflation is not merely the mechanical outcome of monetary expansion, but a coordination problem shaped by expectations. Stabilization succeeds when institutions provide anchors strong enough to restore trust, transforming the inflationary regime itself (SARGENT, 1982).

4.2 The U.S. Great Inflation (1965–1982): Persistent Inflation and the Role of Credible Anchors

The Great Inflation in the United States represents a prolonged episode of price instability in a major advanced economy. Between 1965 and 1982, annual inflation accelerated from below 2% to double-digit levels, peaking above 13% between 1979 and 1980. Unlike hyperinflations, this episode did not involve a collapse of money demand but reflected the erosion of the nominal anchor due to policy misperceptions and repeated shocks (DELONG, 1997).

4.2.1. Origins and Dynamics

The roots of the U.S. Great Inflation lay in the interaction of accommodation monetary policy, fiscal expansion, and supply shocks. During the 1960s, the Federal Reserve followed a relatively loose policy stance in response to fiscal deficits driven by the Vietnam War and the Great Society programs. Policymakers believed in a stable Phillips Curve trade-off between inflation and unemployment, attempting to maintain unemployment below its natural rate (DELONG, 1997).

This policy pattern, tightening in response to inflationary spikes but easing once unemployment rose, undermined credibility and allowed inflation expectations to rise. Concurrently, supply shocks, most notably the oil price increases of 1973 and 1974 and 1979 and 1980, as well as food price volatility, amplified cost pressures and translated into higher expected inflation. Widespread indexation and strong labor bargaining power reinforced wage-price spirals (DELONG, 1997).

4.2.2. Stabilization and the Volcker Disinflation

The turning point came with the appointment of Paul Volcker as Federal Reserve Chairman in August 1979. Faced with entrenched inflation expectations, the Fed adopted a new strategy: explicitly targeting monetary aggregates, tolerating short-term recessions, and maintaining a strict commitment to price stability (GOODFRIEND, 2005).

Unemployment rose to nearly 11% in 1982 as a consequence of tight monetary policy, but the strategy successfully re-anchored expectations. By the mid-1980s, inflation had stabilized near 3% to 4%, demonstrating that credible monetary commitment, rather than mechanical money supply reductions alone, was the key to lasting stabilization (GOODFRIEND, 2005).

4.2.3. Implications for Monetary Theory



Figure 1. Source: Federal Reserve Bank of St. Louis, FRED (Federal Reserve Economic Data), *Consumer Price Index*, *Unemployment Rate*, *M2*, *Gross Domestic Product*, and *Federal Funds Effective Rate*, retrieved from fred.stlouisfed.org.

The evolution of inflation depicted in Figure 3 visually reinforces the narrative of the U.S. Great Inflation. The chart shows a steady and prolonged acceleration of consumer prices beginning in the mid-1960s, with inflation rising from below 2 percent to over 13 percent by 1979 and 1980. This pattern shows the erosion of policy credibility: repeated fiscal

and monetary accommodation, compounded by supply shocks, gradually unanchored inflation expectations. The absence of a credible nominal anchor allowed temporary supply and demand pressures to translate into sustained inflation. The sharp decline in the early 1980s, coinciding with the Volcker disinflation, underscores the central argument of this section, that durable stabilization requires not only restrictive policy but a credible commitment to price stability.

The U.S. Great Inflation underscores the centrality of expectations and credibility in inflation dynamics. Persistent inflation was not solely a result of money growth, but of the interaction between fiscal pressures, accommodative monetary policy, and supply shocks in the absence of a credible anchor. The Volcker disinflation illustrates a regime shift: once the Federal Reserve signaled an unwavering commitment to price stability, inflation expectations adjusted downward, and sustained disinflation was achieved (ROMER, 1992).

4.3 German Hyperinflation (1921–1923): A Case of Regime Collapse and Stabilization

The hyperinflation in the Weimar Republic stands as a quintessential example of how the absence of a credible nominal anchor can lead to the collapse of money demand and the erosion of monetary stability. Between 1921 and 1923, Germany experienced one of the most extreme episodes of hyperinflation in history, culminating in November 1923 when the exchange rate reached 4.2 trillion Papiermarks to one U.S. dollar as shown in the chart below. (CAGAN, 1956).

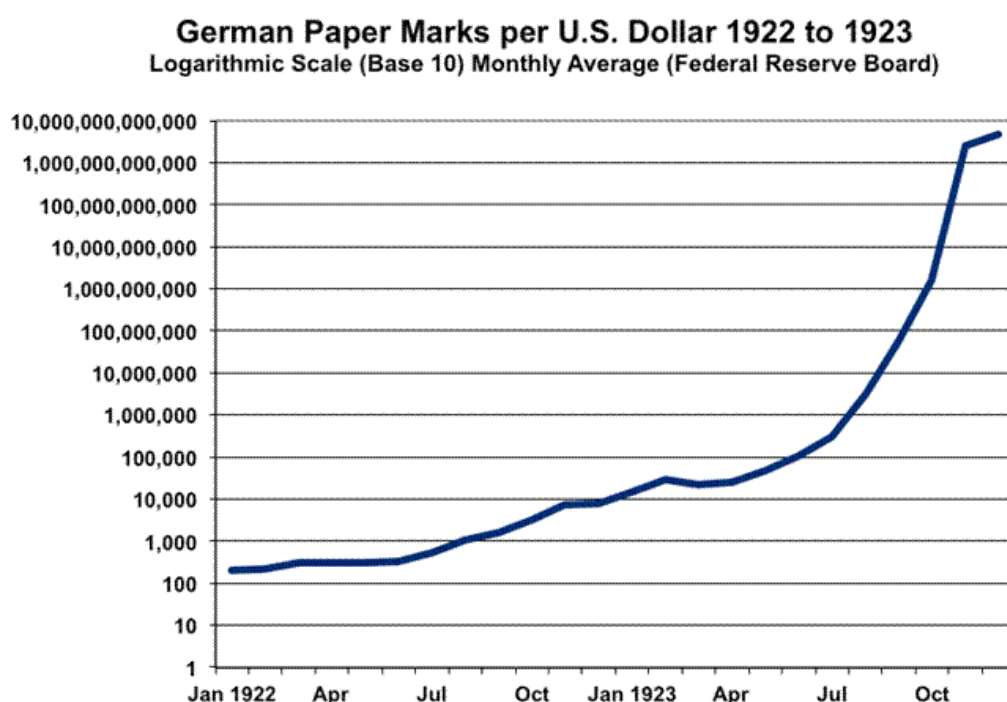


Figure 2. Source: ShadowStats, *Hyperinflation Special Report 2012*, January 25, 2012,

4.3.1. Origins and Dynamics

The roots of this hyperinflation lay in the economic aftermath of World War I and the Treaty of Versailles. Germany was burdened with substantial war reparations and faced significant fiscal deficits. To finance these obligations, the Reichsbank resorted to extensive money

printing, leading to a rapid increase in the money supply. From May to November 1923, the quantity of Papiermarks in circulation escalated from 8.6 billion to 400 quintillion (BRESCIANI-TURRONI, 1937).

The data in the table illustrate the trajectory described by Bresciani-Turroni (1937). The volume of circulating currency and internal prices (indexed to 1913) move almost one-for-one during the hyperinflationary spiral. From 1919 to 1922, the money supply increased from 5.7 to 213.4, while prices surged from 2.6 to 1,475, signaling the loss of nominal stability.

Date	Volume of Circulating Currency (1913=1)	Index of Internal Prices (1913=1)
1914	1.2	1.1
1915	1.5	1.4
1916	1.7	1.5
1917	2.5	1.8
1918	3.8	2.2
Jan. 1919	5.7	2.6
July 1919	6.9	3.4
Dec. 1919	8.3	8.0
Jan. 1920	8.4	12.6
July 1920	11.5	13.7
Dec. 1920	13.5	14.4
Jan. 1921	13.0	14.4
July 1921	14.3	14.3
Dec. 1921	20.3	34.9
Jan. 1922	20.5	36.7
July 1922	33.5	100.6
Dec. 1922	213.4	1,475
Jan. 1923	331.9	2,785
Apr. 1923	1,090	5,212
July 1923	7,231	183,510
Oct. 1923	854,402,000	18,700,000,000
27 th Nov. 1923	245,107,000,000	1,422,900,000,000

Figure 3. Source: *The Haberdashers' Aske's School, "The Causes of German Hyperinflation 1919-1923," Occasional Papers Series in the Humanities, No. 50.*

The situation was exacerbated by the French and Belgian occupation of the Ruhr Valley in early 1923, a response to Germany's delayed reparation payments. In retaliation, German workers engaged in passive resistance, further straining the economy and prompting the government to print more money to meet wage demands (BRESCIANI-TURRONI, 1937).

As the value of the Papiermark plummeted, public confidence in the currency evaporated. People turned to alternative forms of exchange, such as barter and commodity money, including cigarettes, which became widely accepted due to their perceived stability (BRESCIANI-TURRONI, 1937).

Stabilization and the Rentenmark

The turning point came in October 1923 when the German government, under Chancellor Gustav Stresemann, enacted a series of monetary reforms. A new currency, the Rentenmark, was introduced on November 15, 1923. Unlike the Papiermark, the Rentenmark was not backed by gold reserves but by mortgages on industrial and agricultural assets, amounting to 3.2 billion Rentenmarks (BRESCIANI-TURRONI, 1937).

The Rentenbank, established to manage the new currency, was granted the authority to issue Rentenmarks in strictly limited quantities. This move effectively halted the unchecked expansion of the money supply and restored some degree of monetary stability (BRESCIANI-TURRONI, 1937).

On November 20, 1923, the Reichsbank ceased the issuance of Papiermarks, and the Rentenmark was pegged at a rate of 4.2 to the U.S. dollar, aligning with pre-war exchange rates (BRESCIANI-TURRONI, 1937).

4.3.2. Implications for Monetary Theory

The German hyperinflation underscores the critical importance of a credible nominal anchor in maintaining monetary stability. The collapse of the Papiermark was not merely a consequence of excessive money printing but also of the loss of public confidence in the currency. The introduction of the Rentenmark, backed by tangible assets, served as a regime shift that re-established trust in the monetary system (CAGAN, 1937).

This episode illustrates that while shocks can ignite inflationary pressures, the persistence of inflation is determined by the presence or absence of credible monetary and fiscal anchors. The stabilization of the German economy in 1923 highlights the necessity of institutional reforms and credible commitments to restore confidence and halt hyperinflation (CAGAN, 1937).

4.4. Inflation during the Pandemic and Supply Shocks (2020–2023)

The global inflation surge following the COVID-19 pandemic represents the first major test of advanced economies' nominal anchors since the Great Inflation. Between 2021 and 2023, headline inflation in the United States, the Euro Area, and several emerging markets reached levels unseen in four decades. In contrast to past hyperinflations or the prolonged U.S. Great Inflation, this episode occurred under institutional regimes characterized by credible monetary and fiscal frameworks, raising questions about the persistence of inflation under supply shocks (BLANCHARD, 2022).

4.4.1. Origins and Dynamics

The pandemic created a simultaneous demand–supply shock. Fiscal and monetary authorities enacted historically large stimulus measures to prevent economic collapse. In the United States, fiscal transfers exceeded 25% of GDP between 2020 and 2021, while central banks reduced policy rates to the effective lower bound and expanded balance sheets through quantitative easing. These policies sustained household incomes and liquidity, leading to a rapid recovery in spending once restrictions eased (IMF, 2021).

On the supply side, production bottlenecks, logistics constraints, and labor shortages limited output. The dislocation in global value chains, particularly semiconductors and energy, produced sharp relative-price increases. The invasion of Ukraine in 2022 further intensified global energy and food price pressures. These cost-push shocks, amplified by pandemic-related scarcities, raised inflation even as output gaps remained negative (IMF, 2023).

Under the New Keynesian framework, these developments are captured by the expectations-augmented Phillips Curve:

$$\pi_t = \beta E_t[\pi_{t+1}] + \kappa(y_t - y^*) + u_t,$$

where π_t is inflation, $E_t[\pi_{t+1}]$ expected future inflation, $y_t - y^*$ the output gap, and u_t supply shocks. The sharp rise in explains the initial inflation burst, but the persistence depends on the stability of expectations (GALÍ, 2000).

4.4.2. The Role of Anchors and Policy Response

Monetary and fiscal credibility were decisive in differentiating transitory from persistent inflation outcomes. In economies with strong anchor-independent central banks, transparent policy communication, and credible fiscal positions, inflation expectations remained largely anchored, even as headline inflation surged. This prevented a transition from relative-price shocks to generalized price spirals (BLANCHARD, 2010).

The Federal Reserve, after initially interpreting inflation as transitory, shifted decisively in late 2021, initiating the fastest tightening cycle since the 1980s. Policy rates rose from near zero to above 5% by mid-2023, and balance-sheet normalization began. Simultaneously, fiscal consolidation resumed as pandemic programs expired. By mid-2024, U.S. core inflation had fallen to near 3%, signaling a partial re-anchoring of expectations (FEDERAL RESERVE, 2024).

4.4.3. Implications for Monetary Theory

The pandemic inflation episode underscores the interplay between shocks, expectations, and anchors. Monetarist explanations capture the role of extraordinary money growth and fiscal expansion; the New Keynesian framework emphasizes expectations and the Phillips-curve channel; and the Fiscal Theory highlights the importance of credible debt stabilization (LEEPER, 1991).

Yet, the limited persistence of inflation in advanced economies compared with the 1970s suggests that credible anchors fundamentally altered the transmission mechanism. Despite similar nominal shocks, inflation expectations remained bounded, validating the view that strong institutions and not merely monetary aggregates determine whether inflation shocks become self-reinforcing or transitory (BLANCHARD, 2010).

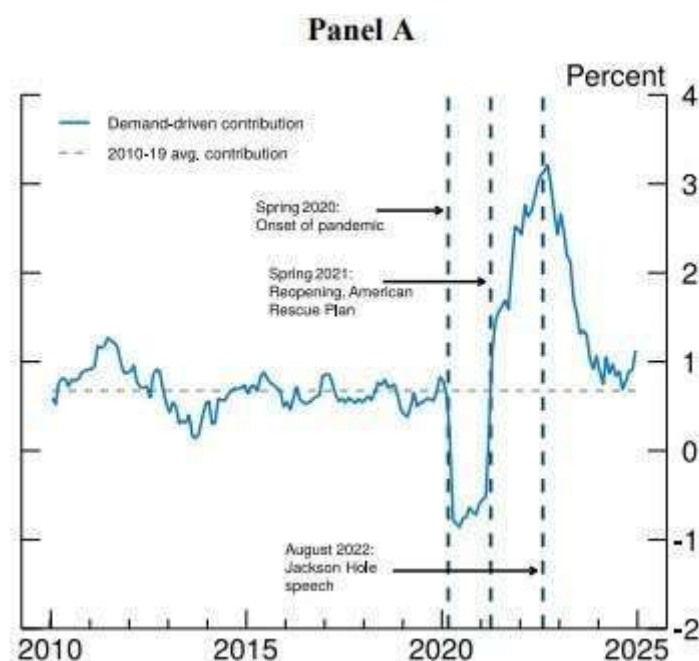


Figure 4. Source: Hajdini, E., Shapiro, A. H., Smith, T. L., and Villar, D., "Inflation Since the Pandemic: Lessons and Challenges," Federal Reserve Board, Finance and Economics Discussion Series 2025-070, Figure 5, p. 33.

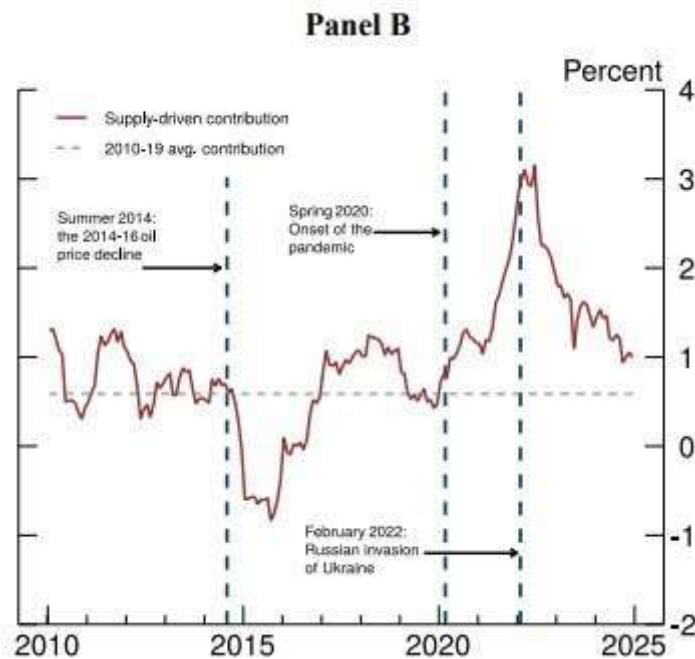


Figure 5. Source: Hajdini, E., Shapiro, A. H., Smith, T. L., and Villar, D., “Inflation Since the Pandemic: Lessons and Challenges,” Federal Reserve Board, Finance and Economics Discussion Series 2025-070, Figure 5, p. 33.

The decomposition presented in the charts provides quantitative confirmation of this dual-shock narrative. As shown in the Federal Reserve’s analysis, demand-driven factors surged during the post-pandemic recovery, reflecting the effects of expansive fiscal transfers and accommodative monetary policy. At the same time, supply-side contributions increased as global production bottlenecks, shipping constraints, and energy shortages curtailed output.

Panel A of the figure illustrates the dominance of demand pressures in early 2021, while Panel B reveals the growing influence of supply disruptions by mid-2022. The initial inflation burst stemmed primarily from cost-push shocks, but its persistence depended on how expectations responded under credible nominal anchors. Once policy normalization and easing supply constraints reduced these pressures, inflation began to moderate, consistent with an environment where expectations remained anchored rather than spiraling out of control.

4.5. Discussion and Comparative Synthesis: The Case of Brazil

The Brazilian economy illustrates the persistent tension between monetary commitment and fiscal credibility that lies at the core of modern inflation dynamics. Despite maintaining one of the world’s highest real interest rates, Brazil continues to face inflation above its official target and only partially anchored expectations. This apparent disconnect between policy stance and inflation outcomes reflects a deeper institutional issue: the incomplete coordination between monetary and fiscal regimes (IMF, 2023).

The Fiscal Theory of the Price Level provides a complementary explanation. When fiscal policy is perceived as dominant, meaning the present value of future primary surpluses is insufficient to stabilize debt, the price level adjusts to equate the real value of government liabilities with expected fiscal resources. In such a regime, tight monetary policy may raise the cost of debt service, worsen fiscal dynamics and paradoxically increase inflation expectations. This mechanism helps explain why, despite the Central Bank of Brazil’s restrictive stance since 2021, inflation expectations remain above the target midpoint and risk premiums persist in long-term rates (LEEPER, 1991).

Under the New Keynesian framework, inflation persistence reflects incomplete expectation anchoring and structural rigidities. Firms set prices based on expected future inflation, which in turn depends on their perception of policy credibility. If agents doubt that fiscal authorities will deliver sustained surpluses, they interpret high interest rates as temporary and adjust prices accordingly. This forward-looking inertia, embedded in the expectations-augmented Phillips curve, produces the coexistence of slow disinflation and high real interest rates (GALÍ, 2000).

Historically, this configuration echoes the pre-1994 environment in Brazil, when monetary tightening repeatedly failed to curb inflation due to fiscal inconsistency and widespread indexation. The success of the Real Plan lay precisely in restoring a joint anchor, a credible fiscal adjustment combined with a transparent nominal framework. Today's context differs by magnitude but not in nature: the central bank's credibility remains intact, but fiscal ambiguity undermines the coherence of the regime (HADDAD, 2022).

The Brazilian experience thus encapsulates the synthesis of the three major schools of thought. The monetarist view correctly identifies excess nominal growth as a necessary condition for inflation, but insufficient when fiscal policy is inconsistent. The New Keynesian model captures the expectations channel through which credibility, not only current policy, drives inflation dynamics. The Fiscal Theory unifies both, showing that monetary control without fiscal backing cannot anchor prices (HADDAD, 2022).

In sum, Brazil's persistent inflation despite tight monetary policy is not a paradox but a manifestation of regime inconsistency. The country operates in an intermediate equilibrium, neither fully anchored nor unstable, where inflation remains sensitive to fiscal signals. The policy implication is clear: sustained price stability requires not higher interest rates, but credible coordination between fiscal and monetary authorities that convince agents the inflation target is permanently binding (HADDAD, 2022).

Conclusion

This paper has examined the origins and persistence of inflation through the integration of monetarist, New Keynesian, and fiscal frameworks, unifying historical and contemporary episodes under a single conceptual mechanism: the credibility of nominal anchors. Across a cross-country perspective and detailed case studies, from the German hyperinflation of 1923 to the U.S. Great Inflation, Brazil's chronic inflation, and the post-pandemic surge, the evidence demonstrates that inflation persistence is not a mechanical function of money growth alone but arises from the interaction between expectations and institutional credibility.

Cagan's (1956) model established that hyperinflation is an expectations-driven process in which the demand for real balances collapses as agents lose faith in monetary stability. Subsequent developments in monetary theory generalized this principle: Friedman's monetarism emphasized the control of money supply; the New Keynesian approach formalized forward-looking expectations and nominal rigidities; and the Fiscal Theory of the Price Level highlighted fiscal consistency as a precondition for monetary stability. All converge on a single conclusion: the existence of credible monetary and fiscal anchors is the necessary condition for disinflation and stability.

The historical record reinforces this theoretical synthesis. In Weimar Germany, inflation ended only after a regime shift combining monetary reform (the Rentenmark) and fiscal stabilization. Brazil's Real Plan succeeded when fiscal consolidation accompanied a credible nominal anchor. In the United States, the Volcker disinflation of the early 1980s re-established monetary credibility after a prolonged period of policy inconsistency. More recently, the inflation surge of 2021–2023 revealed that in economies with strong

institutional anchors—independent central banks and sustainable fiscal positions, inflation expectations remained largely stable despite severe supply shocks and temporary monetary expansion.

These findings imply that policy credibility, rather than the stance of policy itself, determines the dynamic path of inflation. Monetary tightening without fiscal coherence can fail, as can fiscal contraction without monetary commitment. The stability of expectations, the modern equivalent of money demand in Cagan's formulation, depends on the belief that the regime is both willing and able to sustain price stability.

The broader lesson is that inflation is a coordination problem rooted in expectations. Anchors, whether monetary, fiscal, or institutional, align those expectations around a credible nominal path. The persistence of inflation therefore signals a regime where policy lacks credibility, while stabilization represents a regime shift that restores it. Understanding inflation through this lens reconciles competing schools of thought and underscores that the ultimate determinant of price stability is not only policy action but the trust in the institutions that commit to it.

REFERENCES

- Cagan, Phillip.** “The Monetary Dynamics of Hyperinflation.” In *Studies in the Quantity Theory of Money*, edited by Milton Friedman, University of Chicago Press, 1956.
- Friedman, Milton.** “The Role of Monetary Policy.” *American Economic Review*, vol. 58, no. 1, 1968, pp. 1–17.
- Romer, Christina D.** “The Macroeconomic Effects of the Volcker Disinflation.” *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 1992, no. 1, 1992, pp. 1–68.
- Phelps, Edmund S.** “Phillips Curves, Expectations of Inflation and Optimal Unemployment over Time.” *Economica*, vol. 34, no. 135, 1967, pp. 254–281.
- Lucas, Robert E. Jr.** “Expectations and the Neutrality of Money.” *Journal of Economic Theory*, vol. 4, no. 2, 1972, pp. 103–124.
- Woodford, Michael.** *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. Princeton University Press, 2003.
- Bresciani-Turroni, Costantino.** *The Economics of Inflation: A Study of Currency Depreciation in Post-War Germany (1914–1923)*. George Allen & Unwin, 1937.
- Moss, David A., and Julio J. Rotemberg.** “The German Hyperinflation of 1923.” Harvard Business School Case 9-705-010, 2005.
- DeLong, J. Bradford.** “America's Peacetime Inflation: The 1970s.” In *Reducing Inflation: Motivation and Strategy*, edited by Christina D. Romer and David H. Romer, University of Chicago Press, 1997, pp. 247–280.
- Clarida, Richard, Jordi Galí, and Mark Gertler.** “Monetary Policy Rules and Macroeconomic Stability: Evidence and Some Theory.” *Quarterly Journal of Economics*, vol. 115, no. 1, 2000, pp. 147–180.
- Goodfriend, Marvin, and Robert G. King.** “The Incredible Volcker Disinflation.” *Journal of Monetary Economics*, vol. 52, no. 5, 2005, pp. 981–1015.
- Fraga, Arminio, Ilan Goldfajn, and André Minella.** “Inflation Targeting in Emerging Market Economies.” *NBER Macroeconomics Annual*, vol. 18, 2003, pp. 365–400.
- Blanchard, Olivier.** “Fiscal Dominance and Inflation: A Review.” *Peterson Institute for International Economics*, Policy Brief 23-2, 2023.

Gopinath, Gita. “Understanding U.S. Inflation during the Pandemic Recovery.” *IMF Blog*, April 2023.

Leeper, Eric M. “Equilibria under ‘Active’ and ‘Passive’ Monetary and Fiscal Policies.” *Journal of Monetary Economics*, 1991.

Hetzel, Robert. “A quantity theory framework for thinking about monetary policy.” *Turkish Economic Review*, Volume 8, September 2021.

Blanchard, Olivier, Giovanni Dell’Ariccia, and Paolo, Mauro. “Rethinking Macroeconomic Policy.” *IMF Staff Discussion Note*, 2010.

Dornbusch, Rudiger, and Stanley Fischer. “Stopping Hyperinflations Past and Present.” *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 122, no. 1, 1986, pp. 1–47.

Haddad, Eduardo A., and Rodrigo R. Soares. “Monetary-Fiscal Interactions and Inflation Dynamics in Brazil.” *Brazilian Journal of Political Economy*, 2022.

COMO A COMPLEXIDADE DO SISTEMA TRIBUTÁRIO BRASILEIRO ABALA A PRODUTIVIDADE DO SETOR PRIVADO E CONTRAI O INVESTIMENTO PRODUTIVO NO PAÍS

Luiza Arantes Gonçalves

Prof. Pedro Augusto Godeguez da Silva

Resumo

Este trabalho possui como objetivo principal mostrar como a estrutura tributária brasileira afeta o setor privado, com ênfase para empresas que atuam em infraestrutura. A partir dos princípios teóricos sobre peso morto e utilidade (leitura do Varian, “Microeconomia: uma abordagem moderna”), levando em consideração as mudanças proporcionadas pela Reforma Tributária promulgada pela Emenda Constitucional nº 132/2023, em dezembro de 2023, e que entrará em vigor em 2026, foi realizada uma comparação entre os efeitos causados pela estrutura de impostos antes e depois das mudanças sobre o setor de infraestrutura. Além disso, tendo em vista a importância desse setor para a composição do investimento que integra o PIB brasileiro, o estudo também busca demonstrar como os fatores tributários, por consequência, afetam as decisões das empresas, de modo a possivelmente contrair o nível de investimento para o país, assim como abalar os demais setores, que também consideram este para o seu desenvolvimento.

1. Introdução

O sistema tributário brasileiro apresenta uma vasta complexidade em termos de regras e estrutura de pagamento. De acordo com pesquisas do Banco Mundial (BM), no Brasil, o tempo gasto pelas empresas com obrigações tributárias varia entre 1.483 e 1.501 horas por ano – mais do que em qualquer outro país do mundo. Assim, torna-se evidente o quanto as leis e requisitos fiscais complicados, a incidência de vários tributos sobre o mesmo fato gerador e altas cargas tributárias, constituem grandes obstáculos para o desenvolvimento da atividade produtiva.

Ao observarmos a composição dos impostos antes da Reforma Tributária (Emenda Constitucional nº 132/2023), que teve como foco adaptar a estrutura dos tributos sobre consumo e patrimônio, notamos cinco impostos diferentes sobre o consumo: IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), PIS (Programa de Interação Social), Cofins (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social), ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e ISS (Imposto sobre Serviços). Sendo o IPI, PIS e Cofins, impostos arrecadados pela União, ICMS um imposto arrecadado pelos Estados e o ISS arrecadado pelos Municípios.

Desse modo, fica evidente o custo das firmas em lidar com tamanha complexidade e com a quantidade de impostos diferentes a serem honrados. Então, se uma empresa precisa utilizar fatores de produção como o trabalho, de forma intensa, para se adequar às regras tributárias do país, isso significa que está alocando um recurso escasso em algo que não está contribuindo para o seu aumento produtivo especificamente. Por consequência, à medida que o sistema tributário interfere nas decisões das companhias, que por sua vez, compõe o “Investimento”, integrante do PIB (Produto Interno Bruto) pela ótica da despesa, entende-se a importância de compreender como o sistema antes e depois da Reforma, afetam os setores produtivos. Neste trabalho, será dada ênfase para o setor de infraestrutura sobre essa análise, tendo o princípio de que é composto por empresas que entregam produtos e serviços que são como base para muitas outras cadeias produtivas.

2. Regimes de tributação no Brasil: uma visão geral

O regime de tributação de um negócio é o que determina a forma e a quantidade de impostos que uma empresa pagará. No Brasil, os principais regimes são o Simples Nacional, o Lucro Presumido e o Lucro Real. Essa escolha é crucial para a saúde financeira da empresa e afeta a sua operação diretamente.

O Simples Nacional é um regime tributário simplificado, regulamentado pela Lei Complementar nº 123 de dezembro de 2006, com o objetivo de facilitar o pagamento de tributos por Microempresas (ME) e Empresas de Pequeno Porte (EPP). Ele unifica diversos impostos federais, estaduais e municipais em um único guia de pagamento, simplificando as rotinas contábeis e fiscais.

As alíquotas do Simples Nacional variam de 4% a 22,90%, divididas em seis anexos que contemplam os mais variados ramos e atividades econômicas. As Microempresas (ME), são classificadas com base no seu faturamento anual de até R\$360 mil (sendo individuais ou sociedades). Por outro lado, as Empresas de Pequeno Porte (EPP) são classificadas pelo seu faturamento bruto anual, que deve estar entre R\$4,8 milhões.

O Lucro Presumido é uma forma de tributação simplificada para estabelecer a base de cálculo do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL). Nesses casos, a Receita Federal presume o lucro da empresa com base em sua atividade, portanto, faz uma hipótese, aplicando percentuais pré-definidos sobre o faturamento bruto.

Para o IRPJ e a CSLL, as alíquotas podem variar conforme a atividade exercida, sendo de 8% para atividades que envolvam a indústria e comércio e de 32% nos casos de prestação de serviços. O Lucro Presumido pode ser escolhido por empresas que faturam até R\$78 milhões por ano e costuma ser adotado por aquelas com lucro elevado que não são obrigadas a se enquadrar no Lucro Real.

No que diz respeito ao PIS e COFINS, esses impostos são mensurados de maneira cumulativa no Lucro Presumido, o que significa que as compras da empresa não geram abatimentos desses impostos, e a alíquota é de 3,65% sobre o faturamento.

O Lucro Real é um regime tributário que mensura o Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) com base no lucro contábil efetivo da empresa, acrescido dos ajustes requeridos pela lei fiscal. As alíquotas de IRPJ e CSLL são de 15% e 9%, respectivamente, além do PIS e COFINS que, dependendo da situação, podem variar de 0,65% a 7,60%.

Esse regime também é encarado como o mais complexo entre todos e costuma ser utilizado por empresas que têm margem de lucro menor que 32% ou que possuem muitos custos dedutíveis. Além disso, é de uso obrigatório para alguns tipos de negócios, como instituições bancárias, sociedades de crédito, financiamento e investimento, sociedades corretoras de títulos, valores mobiliários e câmbio, caixas econômicas, empresas de arrendamento mercantil, cooperativas de crédito, empresas de seguros privados e de capitalização, e entidades de previdência privada aberta, entre outras.

3. Discussão teórica: efeitos dos impostos, utilidade e bem-estar

Para iniciar uma análise mais profunda a respeito do impacto da tributação no Brasil sobre o setor produtivo, primeiro é necessário se ater aos efeitos dos impostos sobre o bem-estar e a economia como um todo. Apesar de essencial para as atividades estatais, há um embate sobre os limites dessa cobrança, haja vista as distorções que causam no mercado e o impacto sobre os preços, que afetam a alocação de recursos e a utilidade dos agentes. Para essa compreensão, será utilizada como base a obra clássica “Microeconomia: uma abordagem moderna”, do economista Hal Varian.

Hal Varian (2015) explora como os impostos alteram a restrição orçamentária do consumidor, que possui uma quantidade escassa de dinheiro e precisa escolher como alocar seus recursos, levando a novas escolhas de consumo e, conseqüentemente, a mudanças em sua utilidade. Um imposto sobre a quantidade (imposto específico), que extrai um montante fixo por cada unidade de um bem ou serviço, ou um imposto sobre o valor (ad valorem), cobrado com base em uma alíquota que incide sobre o valor da transação, aumenta o preço efetivo de um bem. Isso força o consumidor a reajustar sua cesta de consumo, geralmente diminuindo a demanda pelo bem tributado. Já um imposto sobre a renda reduz a renda disponível, o que diminui o conjunto de bens acessíveis e, invariavelmente, o nível de utilidade do consumidor (que equivale ao tanto de bem-estar que possui).

Além da transferência de recursos do setor privado para o governo, a imposição de um tributo gera uma perda de bem-estar social conhecida como peso morto (ou excesso de ônus). Este fenômeno ocorre porque o imposto distorce os preços relativos, levando a decisões econômicas subótimas. Transações que seriam benéficas para ambas as partes em um mercado livre deixam

de ocorrer, resultando em uma redução na quantidade de equilíbrio do mercado. A magnitude do peso morto é diretamente influenciada pela elasticidade da oferta e da

demanda: quanto mais elásticas, maior a distorção e, portanto, maior o peso morto, o que acaba diminuindo o bem-estar da sociedade, uma vez que os consumidores pagarão maiores preços e terão menores quantidades disponíveis, por outro lado, os vendedores receberão um valor menor, uma vez que parte da receita será repassada ao governo em forma de imposto.

Os Teoremas Fundamentais da Economia do Bem-Estar são cruciais para entender a relação entre mercados e bem-estar social, de acordo com Varian (2015), podemos definir:

Primeiro Teorema do Bem-Estar: Este teorema postula que, sob condições ideais (como ausência de externalidades, bens públicos, informação assimétrica e poder de mercado), qualquer equilíbrio competitivo é eficiente no sentido de Pareto. A eficiência de Pareto significa que não é possível melhorar a situação de um indivíduo sem piorar a de outro. Em outras palavras, mercados competitivos, quando operam sem falhas, alocam recursos de forma a maximizar o bem-estar agregado da sociedade.

Segundo Teorema do Bem-Estar: Este teorema complementa o primeiro ao afirmar que qualquer alocação Pareto-Eficiente pode ser alcançada como um equilíbrio competitivo, desde que haja uma redistribuição inicial adequada dos recursos (dotações) entre os indivíduos. Ele estabelece uma distinção clara entre eficiência e equidade. Sugere que, se a sociedade deseja uma distribuição de renda mais justa, pode-se utilizar instrumentos como a tributação e as transferências de renda para redistribuir a riqueza inicial, permitindo que o mercado, então, atinja um novo equilíbrio que seja eficiente e mais equitativo. Contudo, essa redistribuição pode gerar custos de eficiência na forma de peso morto.

A discussão dos teoremas do bem-estar ressalta o dilema inerente à política tributária: a tensão entre eficiência e equidade. Enquanto mercados competitivos podem ser eficientes, eles não garantem uma distribuição de renda socialmente desejável. Por outro lado, políticas redistributivas, como a tributação progressiva, podem gerar distorções e peso morto, reduzindo a eficiência econômica. A formulação de um sistema tributário ótimo exige um cuidadoso equilíbrio entre esses objetivos, buscando minimizar as perdas de eficiência ao mesmo tempo em que se promove um nível aceitável de equidade social. A complexidade do sistema tributário brasileiro, com suas múltiplas alíquotas e regimes, historicamente tem gerado ineficiências e dificultado a promoção da equidade.

4. A Reforma Tributária Brasileira (Emenda Constitucional 132/2023): contexto, mudanças e análise comparativa

A Reforma Tributária, materializada principalmente pela Emenda Constitucional nº 132/2023, representa uma transformação no sistema tributário brasileiro que propõe mudanças do ponto de vista dos impostos sobre consumo e patrimônio. Seu principal objetivo é simplificar e unificar esses tributos, que historicamente têm sido uma fonte de grande complexidade e distorções no país.

O sistema tributário anterior tinha como principais características a cumulatividade (penalizando cadeias de produção, como será ilustrado em próximas seções neste artigo), tributação na origem (onerando investimentos e exportações e gerando guerra fiscal) e múltiplas alíquotas (reduzindo a transparência e aumentando a litigiosidade). A reforma propõe adotar a não-cumulatividade plena, a tributação no destino e a adoção de alíquotas padronizadas, intermediárias, reduzidas e zero.

A principal mudança da reforma é a extinção de quatro tributos sobre o consumo (PIS, Cofins, ICMS e ISS), que serão substituídos por dois novos: a Contribuição sobre Bens e Serviços (CBS), de administração federal, e o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS), sob gestão de estados e municípios. Ambos terão a mesma base de cálculo e regras. O

Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) será mantido, mas incidirá apenas sobre mercadorias concorrentes às produzidas na Zona Franca de Manaus.

Além disso, a reforma prevê a criação de um Imposto Seletivo (IS), que funcionará como uma sobretaxa sobre a produção, comercialização ou importação de bens e serviços prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente, como bebidas alcoólicas, cigarros, combustíveis, agrotóxicos e alimentos processados. Uma alíquota de 1% também será aplicada sobre a extração de recursos naturais não renováveis.

A reforma prevê um teto para manter constante a carga tributária sobre o consumo, atualmente estimada em 12,5% do PIB. As alíquotas serão definidas para não superar esse teto, com reavaliação a cada cinco anos. Caso o limite seja superado, a alíquota de referência deverá ser reduzida.

Para mitigar os impactos da transição e compensar perdas de arrecadação, foram criados diversos fundos, como o Fundo Nacional de Desenvolvimento Regional (FDR) e o Fundo de Compensação de Benefícios Fiscais, que garantirão benefícios fiscais já concedidos pelos estados até 2032.

A Emenda Constitucional nº 132/2023 promoveu uma reforma significativa no Sistema Tributário Nacional, especialmente na tributação sobre o consumo. O quadro a seguir detalha as principais mudanças]:

QUADRO 1: DÁ UM TÍTULO PARA O QUADRO, LU.

Aspecto Tributário	Antes da EC 132/2023 (CF/1988)	Depois da EC 132/2023
Tributos sobre consumo	PIS, COFINS, ICMS, ISS, IPI (parcialmente)	CBS (federal), IBS (estados e municípios), Imposto Seletivo (IS)
Modelo de tributação	Múltiplos tributos, cumulatividade, tributação na origem, diversas alíquotas	IVA Dual (CBS e IBS), não-cumulatividade plena, tributação no destino, alíquotas padronizadas, intermediárias, reduzidas e zero
Imposto Seletivo (IS)	Não existia com essa finalidade	Criado para incidir sobre bens e serviços prejudiciais à saúde e ao meio ambiente (ex: bebidas alcoólicas, cigarros, combustíveis, agrotóxicos, alimentos processados) e sobre extração de recursos naturais não renováveis (alíquota de 1%)
Alíquotas	Variadas e complexas, gerando guerra fiscal	Alíquota padrão como regra geral, com regimes específicos e favorecidos para determinados bens e serviços (ex: cesta básica nacional com alíquota zero)
Créditos Tributários	Dificuldade na apropriação e acúmulo de créditos (especialmente ICMS)	Não-cumulatividade plena, garantindo a apropriação de créditos e devolução de saldos credores

Regimes Especiais	Existência de diversos regimes especiais (ex: REIDI, Reporto)	Manutenção de alguns regimes especiais, mas com necessidade de compatibilização com o novo modelo tributário e revisão de benefícios fiscais
Simples Nacional	Regime simplificado para ME e EPP	Mantido, com opção para as pequenas empresas apurarem e pagarem os tributos sobre consumo (IBS e CBS) por meio do regime único
Carga Tributária	Alta e complexa, com grande burocracia	Teto para manter constante a carga tributária sobre o consumo (estimada em 12,5% do PIB), com reavaliação a cada cinco anos
Fundos de compensação	Não existiam com essa finalidade	Criados fundos como o Fundo Nacional de Desenvolvimento Regional (FDR) e o Fundo de Compensação de Benefícios Fiscais para mitigar impactos da transição e perdas de arrecadação

Fonte: Elaboração da autora com informações da Emenda Constitucional nº 132/2023.

5. A cadeia produtiva do setor de infraestrutura no Brasil

Nesta seção, o objetivo será descrever a cadeia produtiva do setor de infraestrutura brasileiro, caracterizado por ser vasto e complexo, englobando diversos segmentos essenciais para o desenvolvimento econômico e social do país. Essa cadeia envolve desde o planejamento e financiamento até a execução, operação e manutenção de projetos. Os principais segmentos que compõem essa cadeia incluem:

5.1. Transporte e Logística

Este segmento abrange rodovias, ferrovias, portos, aeroportos e mobilidade urbana. A cadeia produtiva inclui:

Planejamento e Projeto: Estudos de viabilidade, engenharia e licenciamento ambiental.

Financiamento: Captação de recursos via bancos de desenvolvimento (BNDES), fundos de investimento, parceria público privadas (PPPs) e concessões.

Construção: Empresas de engenharia civil, fornecedores de materiais (cimento, aço, asfalto), equipamentos pesados e mão de obra especializada.

Operação e Manutenção: Concessionárias, empresas de logística, operadores portuários e aeroportuários, responsáveis pela gestão e conservação da infraestrutura.

5.2. Energia Elétrica

Inclui geração, transmissão e distribuição de energia. A cadeia produtiva envolve:

Geração: Construção e operação de usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas, solares, entre outras, com fornecedores de turbinas, painéis solares, combustíveis, etc.

Transmissão: Empresas que constroem e operam linhas de transmissão e subestações.

Distribuição: Concessionárias que levam a energia até o consumidor final.

Fornecedores: Empresas de equipamentos elétricos, cabos, transformadores, serviços de engenharia e manutenção.

5.3. Telecomunicações

Abrange a infraestrutura de comunicação. A cadeia produtiva inclui:

Implantação de redes: Empresas que constroem e instalam redes de fibra óptica, torres de transmissão, data centers.

Fornecedores de tecnologia: Fabricantes de equipamentos de telecomunicações, software e serviços de TI.

Operação: Provedores de serviços de internet, telefonia e TV por assinatura.

5.4. Saneamento Básico

Essencial para a saúde pública, compreende abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. A cadeia produtiva envolve:

Planejamento e Projeto: Estudos hidrológicos, projetos de redes de água e esgoto, estações de tratamento. **Financiamento:** Recursos públicos, PPPs e concessões.

Construção: Empresas de engenharia, fornecedores de tubulações, bombas, produtos químicos para tratamento.

Operação e Manutenção: Empresas de saneamento (públicas e privadas) responsáveis pela captação, tratamento e distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto, e gestão de resíduos.

5.5. Interconexões e impactos

A infraestrutura é um setor de base, ou seja, seus produtos e serviços são insumos para praticamente todas as outras atividades econômicas. A eficiência e a disponibilidade da infraestrutura impactam diretamente os custos de produção, a competitividade das empresas, a atração de investimentos e a qualidade de vida da população. Gargalos em qualquer um desses segmentos pode gerar custos adicionais, atrasos e perda de produtividade em toda a economia. A verticalização da infraestrutura logística, por exemplo, beneficia toda a cadeia produtiva e gera maior competitividade ao mercado brasileiro.

6. Impactos da reforma tributária no setor de infraestrutura

O setor de infraestrutura, que engloba energia, transporte, saneamento, telecomunicações, infraestrutura urbana e logística, será profundamente impactado pela Reforma Tributária. As mudanças exigirão adaptações significativas na gestão contratual e na conformidade fiscal das empresas.

6.1. Aumento da carga tributária sobre serviços

Um dos impactos mais relevantes é o aumento da carga tributária sobre serviços. Com a substituição do PIS/COFINS e ISS pela CBS e IBS, a alíquota efetiva sobre serviços pode atingir aproximadamente 30%, um valor muito superior à carga atual (que varia de 3,65% a 5%). Esse aumento altera a estrutura de custos de contratos vigentes e futuros, demandando revisão de cláusulas de reequilíbrio econômico-financeiro e ajustes na precificação de propostas em licitações públicas.

6.2. Complexidade das obrigações fiscais e transição regulatória

A reforma introduz novas rotinas fiscais e amplia as obrigações acessórias a partir de 2026. As empresas precisarão se adaptar a sistemas de apuração mais exigentes e a atualizações frequentes de normativos, o que aumenta o risco de autuações, especialmente durante o período de transição, quando regras antigas e novas coexistirão.

6.3. Revisão de regimes especiais e impacto contratual

Regimes especiais, como o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), que suspende a incidência de PIS e COFINS sobre aquisições de bens e serviços para obras de infraestrutura, estão sendo revistos. Embora o REIDI e o Reporto (regime para modernização da infraestrutura portuária e ferroviária) sejam mantidos, sua continuidade exigirá compatibilização com o novo modelo tributário, o que pode afetar a viabilidade financeira de empreendimentos. Contratos de longo prazo firmados sob a lógica tributária anterior precisarão ser renegociados para refletir as alterações de carga tributária.

6.4. Impacto econômico do IBS e da CBS

Estudos indicam que a tributação indireta sobre o setor de construção civil atualmente corresponde a 4,7% do valor ofertado, chegando a 5,3% no segmento de infraestrutura. Com a reforma, a alíquota nominal combinada de IBS e CBS, estimada em aproximadamente 28%, será beneficiada com uma redução de 50% para operações de construção civil, resultando em uma alíquota de cerca de 14%. O impacto efetivo, no entanto, dependerá do modelo de contratação, da proporção entre mão de obra (não creditável) e insumos (creditáveis), e da margem de lucro. Projetos que utilizam insumos pré-fabricados e menor volume de mão de obra tendem a ser menos onerados.

6.5. Riscos e limitações

A partir da implementação definitiva da reforma, novos benefícios fiscais com CBS e IBS não poderão ser concedidos, salvo exceções. A redução de benefícios entre 2029 e 2032 será compensada pelo Fundo de Compensação de Benefícios Fiscais, mas essa limitação temporal pode ser questionada constitucionalmente. A transição também pode impactar contratos em curso, especialmente aqueles dependentes de incentivos.

6.6. Reequilíbrio econômico-financeiro dos contratos

A Lei Complementar 214/2025 regula o reequilíbrio econômico-financeiro de contratos firmados antes de sua vigência. Essa regulamentação considera os efeitos da não cumulatividade nos custos da contratada, a possibilidade de repasse de encargos tributários,

os impactos das mudanças tributárias na transição e os benefícios de tributos extintos. A contratada pode solicitar ajustes, e a administração pode revisar de ofício em caso de redução tributária.

7. Preocupações e oportunidades para o setor de infraestrutura

Representantes do setor de infraestrutura expressaram preocupações sobre o encarecimento das faturas domésticas e a necessidade de tratamentos tributários diferenciados para suas atividades.

7.1. Saneamento

O setor de saneamento básico prevê um aumento de 18% na conta de água ou uma redução de 26% nos investimentos. A Associação Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (Abcon) sugeriu que o saneamento básico seja considerado um serviço de saúde, o que reduziria em 60% a alíquota paga na água e nos serviços de esgoto.

7.2. Energia Elétrica

A regulamentação da reforma tributária, segundo a Associação Nacional de Pesquisa da Economia Energética (Anpeen), desconsidera a complexidade do ciclo da energia elétrica. Há preocupação com o aumento do preço da energia e seu impacto na cadeia produtiva, sugerindo-se um diferimento tributário para simplificar a cobrança e evitar a transferência de custos para a conta de luz.

7.3. Gás

O setor de gás, especialmente o de biogás, aponta que o PLP 68/2024 não garante uma tributação menor para biocombustíveis em comparação com combustíveis fósseis, como previsto constitucionalmente. Há também preocupações com a cobrança do Imposto Seletivo sobre a indústria, que pode aumentar o preço dos produtos.

7.4. Oportunidades de Reestruturação Estratégica

Apesar dos desafios, o novo sistema tributário pode ser uma oportunidade para reestruturar operações fiscais de forma mais eficiente, identificar créditos tributários, aperfeiçoar cláusulas contratuais e consolidar práticas de compliance. Empresas que se anteciparem às mudanças poderão evitar prejuízos e, em alguns casos, encontrar caminhos para a redução da carga fiscal de forma legal e estratégica. O Fundo Nacional de Desenvolvimento Regional (FNDR) também representa uma oportunidade para financiar projetos de infraestrutura alinhados a critérios de inovação e sustentabilidade.

8. Conclusão

A Reforma Tributária no Brasil representa um marco na busca por um sistema tributário mais simples, justo e eficiente. Contudo ainda demonstra desafios consideráveis, especialmente para setores complexos como o de infraestrutura. Apesar da contribuição para proporcionar mais transparência e simplificação para a cobrança de impostos sobre o consumo, a reforma não irá desencadear necessariamente em uma redução da carga tributária. A compreensão aprofundada dos novos regimes, a adaptação às novas obri-

gações e a busca por estratégias de reequilíbrio contratual serão fundamentais para que as empresas naveguem com sucesso nesse novo cenário.

A capacidade de antecipar e planejar as mudanças será um diferencial competitivo, permitindo que as empresas não apenas evitem prejuízos, mas também encontrem oportunidades de crescimento e desenvolvimento em um ambiente tributário renovado.

O objetivo deste trabalho foi o de mapear, de maneira mais abrangente, as possibilidades de mudanças nos setores de infraestrutura à partir da nova regra tributária proposta. Logo, nota-se ainda um efeito causado pela composição tributária brasileira sobre o produto do país, haja vista que o setor de infraestrutura possui uma relevância expressiva para a formação do investimento. Desse modo, com uma carga tributária ainda bastante elevada, isso contribui para a geração de um peso morto maior e queda no bem-estar para os agentes. Essa conjuntura corrobora para uma perda de produtividade no país.

Para estudos futuros, seria interessante descrever com maior profundidade as cadeias produtivas de cada setor de infraestrutura e buscar compreender os efeitos das mudanças tributárias ao longo da cadeia produtiva. Levantar os dados de arrecadação dos setores também pode ajudar a desenvolver uma simulação dos efeitos da mudança tributária proposta.

REFERÊNCIAS

[1] XP Investimentos. *Reforma tributária: o que é, o que muda e quais os próximos passos?* Veja perguntas e respostas. Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/economia/reforma-tributaria-o-que-muda/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

[2] Senado Federal - IFI. *Reforma Tributária: contexto, mudanças e impactos*. Estudo Especial nº 19. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/647648/EE19_2024.pdf. Acesso em: 28 ago. 2025.

[3] IPEA. *Tributação e*

Produtividade: como a reforma tributária pode afetar o crescimento econômico?. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/1d2d13a3-b6ba-49e-9-a130-6c9804403663/content>. Acesso em: 28 ago. 2025.

[4] Menndel & Melo Advocacia. *Os Impactos da Reforma Tributária no Setor de Infraestrutura*. Disponível em: <https://menndel.com/os-impactos-da-reforma-tributaria-no-setor-de-infraestrutura/>. Acesso em: 06 out. 2025.

[5] VARIAN, Hal R. *Microeconomia: Uma Abordagem Moderna*. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. (Referência adaptada do PDF da UFAM: <https://home.ufam.edu.br/salomao/Introducao%20a%20micro/2a%20Prova/Apostilas/Intromicro%20prova%202%20-%20Varian.pdf>)

[6] FGV. *Reforma Tributária e Bem-Estar*. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rbe/article/download/753/8105/20147>. Acesso em: 06 out. 2025.

[7] BRASIL. *Emenda Constitucional nº 132, de 20 de dezembro de 2023*. Altera o Sistema Tributário Nacional. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc132.htm. Acesso em: 06 out. 2025.

[8] TJSP. *Especial CADIP*

- Reforma Tributária EC nº 132/2023. Disponível em: https://www.tjsp.jus.br/Download/SecaoDireitoPublico/Pdf/Cadip/ReformaTribut%C3%A1ria_2024-01-31_vf.pdf. Acesso em: 06 out. 2025.

[9] KPMG. (2022). Panorama do Setor e Tendências em

Infraestrutura no Brasil. Disponível em: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/br/pdf/2022/4/Panorama_do_setor_e_Tendencias_em_Infraestrutura_no_Brasil_20 Acesso em: 06 out. 2025.

[10] Jota.info. *Reforma tributária e os impactos no setor de infraestrutura*. Disponível em: <https://www.jota.info/opinio-e-analise/artigos/reforma-tributaria-e-os-impactos-no-setor-de-infraestrutura>. Acesso em: 06 out. 2025.

DESAFIOS PARA A GESTÃO DE RISCOS DA CADEIA DE SUPRIMENTOS FARMACÊUTICA: GÊMEOS DIGITAIS SÃO UMA SOLUÇÃO?

Victoria Ferro Freitas

Alexandre de Vicente Bittar

Relações Internacionais

Resumo

Este artigo explorou os desafios na gestão de riscos da cadeia de suprimentos farmacêutica e investigou em que medida a tecnologia de Gêmeos Digitais se apresentou como solução viável. A pesquisa baseou-se em ampla revisão de literatura acadêmica e técnica, cobrindo autores de gestão de operações e riscos (Slack; Jüttner, Peck e Christopher; Rao e Goldsby; Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan; Benedetto) e de tecnologia e inovação (Grieves, entre outros). Foram discutidos três eixos de risco: logístico, internacional e ambiental/sanitário. No eixo logístico, abordou-se a ausência histórica de uma política industrial consistente no Brasil, a consequente dependência do modal rodoviário e o impacto da greve dos caminhoneiros de 2018, que gerou desabastecimento e expôs fragilidades da cadeia do frio para medicamentos termolábeis. No eixo internacional, analisou-se o bloqueio do Canal de Suez em 2021, que interrompeu rotas estratégicas e atrasou o fornecimento de insumos farmacêuticos, ilustrando a vulnerabilidade decorrente da interdependência global. No eixo ambiental/sanitário, examinaram-se as disrupções causadas pela COVID-19 sobre produção, logística e demanda, com elevação de custos de frete, restrições operacionais e risco de rupturas. Investigou-se como transportadoras e operadores logísticos escolheram rotas menos quentes e configuraram soluções de transporte (caminhões refrigerados, embalagens isotérmicas, uso de gelo seco e PCM (Phase-change Material), monitoramento em tempo real e qualificação de rotas) para preservar a estabilidade térmica. Explicou-se o conceito de Gêmeo Digital como representação virtual conectada ao sistema físico, e apresentaram-se aplicações em cadeias de suprimentos, inclusive farmacêuticas, em que simulações, previsões e otimizações suportaram decisões sobre estoques, roteirização, capacidade e contingências. Demonstrou-se que gêmeos digitais ampliaram visibilidade, permitiram testar cenários (“e se”) e anteciparam falhas, embora tenham exigido dados de qualidade, integração entre parceiros e investimentos relevantes. Relacionaram-se ferramentas clássicas de gestão de risco (FMEA, PESTEL, SWOT e SCOR) ao uso de gêmeos digitais, mostrando-se como a modelagem digital potencializou a priorização de riscos e a resposta rápida. Concluiu-se que gêmeos digitais constituíram tecnologia promissora para elevar a resiliência e a previsibilidade da cadeia farmacêutica, sem substituir a governança e a coordenação interorganizacional, e que sua adoção dependeu da maturidade de dados, de processos e de colaboração ao longo da rede.

Palavras-chave

Cadeia de suprimentos farmacêutica. Gestão de riscos. Gêmeos digitais. Resiliência.

1. Introdução

O surgimento da indústria farmacêutica moderna resultou de três transformações estruturais que a consolidaram como um dos setores mais relevantes da era contemporânea. A primeira foi a industrialização da produção de medicamentos, intensificada no final do século XIX, quando empresas químicas como a Bayer passaram a sintetizar princípios ativos em escala industrial. Um marco desse movimento foi a criação da aspirina, sintetizada pela Bayer e patenteada em 1899, simbolizando a transição de práticas artesanais para uma produção sistemática e padronizada de fármacos. A segunda transformação foi de ordem científica: avanços em química orgânica, microbiologia e farmacologia permitiram que os medicamentos deixassem de ser meros preparados empíricos para se basear em comprovação experimental, protocolos de eficácia e testes laboratoriais padronizados. Por fim, consolidou-se a terceira transformação, de natureza regulatória, a partir da segunda metade do século XX, após incidentes como o escândalo da talidomida, governos passaram a exigir ensaios clínicos rigorosos, controle de qualidade e avaliações de segurança antes da comercialização de novos medicamentos. Esses três pilares, industrialização, fundamentação científica e regulação sanitária, estabeleceram as bases do setor farmacêutico moderno, que desde então opera com padrões elevados de rastreabilidade, segurança e eficácia.

A partir desse alicerce histórico, a indústria farmacêutica consolidou um papel estratégico no desenvolvimento humano. A produção e ampla distribuição de medicamentos permitiram a erradicação ou controle de doenças antes letais, fazendo do setor um pilar da infraestrutura de saúde global. A recente pandemia de COVID-19 evidenciou a capacidade técnico-científica e o alcance estratégico dessa indústria: em tempo recorde, grandes farmacêuticas e institutos de pesquisa (Pfizer, Moderna, AstraZeneca, Instituto Butantan, entre outros) desenvolveram, produziram e distribuíram vacinas em escala global, salvando milhões de vidas. Além do valor social, a indústria farmacêutica é um eixo econômico robusto e resiliente, frequentemente financiado por governos e organismos multilaterais, que subsidiam medicamentos de alto custo. Por exemplo, a distribuição gratuita de insulina, fármaco essencial para milhões de diabéticos, por governos como o do Brasil e do Canadá, integra políticas públicas de saúde preventiva.

Para que essa cadeia de valor funcione de forma eficaz, é imprescindível que sua infraestrutura logística seja resiliente, sensível a riscos e permanentemente monitorada. A cadeia de suprimentos farmacêutica é altamente sensível, especialmente quanto a medicamentos termolábeis (sensíveis ao calor) e produtos biotecnológicos como vacinas e insulina, que exigem condições rigorosas de temperatura durante armazenamento e transporte. A exposição desses produtos a variações térmicas fora dos limites recomendados pode comprometer sua eficácia e, consequentemente, colocar vidas em risco.

No Brasil, os desafios logísticos da cadeia farmacêutica são agravados por fatores estruturais. Décadas de políticas públicas inconsistentes resultaram na ausência de um plano industrial robusto para a infraestrutura logística. O país não completou um processo efetivo de industrialização logística, mantendo dependência excessiva do modal rodoviário para transporte de cargas. Atualmente, cerca de 80% das cargas no Brasil são transportadas por rodovias, uma dependência que explica o efeito imediato e severo de interrupções nesse modal. Esse cenário gera “afogamento” das rodovias e vulnerabilidade a greves, bloqueios e outras instabilidades no transporte terrestre. De fato, a paralisação nacional dos caminhoneiros em maio de 2018 provocou desabastecimento generalizado de insumos médicos e medicamentos em várias regiões do país. Hospitais reportaram falta de medicamentos e oxigênio, e prateleiras de farmácias ficaram vazias. Um dos problemas mais críticos observados foi com medicamentos termolábeis (por

exemplo, vacinas e produtos biológicos), que necessitam de refrigeração contínua, com caminhões parados nas estradas, a manutenção da cadeia do frio tornou-se impossível.

Além disso, houve relatos de ataques a veículos que tentavam transportar medicamentos durante a greve, com cargas saqueadas e motoristas agredidos. Esse evento expôs dramaticamente o risco de concentrar o transporte em um único modal, sem alternativas viáveis, e evidenciou a fragilidade estrutural da cadeia logística farmacêutica nacional. Como exemplo dessa fragilidade, um estudo em unidades de saúde do Ceará revelou que 54,9% das perdas físicas de imunobiológicos entre 2014 e 2016 foram causadas por falhas no fornecimento de energia elétrica, comprometendo a conservação em frio. Ou seja, não apenas o transporte rodoviário é um ponto crítico, mas também a infraestrutura de suporte (como energia estável para refrigeração) apresenta vulnerabilidades no contexto brasileiro.

No panorama internacional, a cadeia farmacêutica enfrenta riscos decorrentes da interdependência global de fornecedores e mercados. Um exemplo marcante foi o bloqueio do Canal de Suez em março de 2021, quando o mega cargueiro Ever Given encalhou e interrompeu por quase uma semana uma das principais rotas marítimas do mundo. Aproximadamente 12% do comércio marítimo global passa pelo Suez, incluindo grande volume de insumos e produtos farmacêuticos. A obstrução causou um engarrafamento de navios cargueiros e atrasou o trânsito de US\$ 9,6 bilhões em mercadorias por dia. Esse incidente isolado gerou escassez global de insumos médicos e medicamentos, em um momento crítico de pandemia, pois numerosas remessas de suprimentos hospitalares e farmacêuticos ficaram retidas. Vários países enfrentaram atrasos na obtenção de equipamentos de proteção individual, matéria-prima para fármacos e outros produtos vitais, exacerbando a vulnerabilidade das cadeias de saúde durante a crise da COVID-19. O caso Suez ilustra a fragilidade das rotas logísticas internacionais e como um único evento em um ponto-chave pode ter efeito cascata no abastecimento farmacêutico mundial.

Na dimensão ambiental e sanitária, a pandemia de COVID-19 (a partir de 2020) trouxe desafios inéditos à cadeia de suprimentos farmacêutica global. A demanda por medicamentos, vacinas e insumos hospitalares explodiu em todo o mundo, ao mesmo tempo em que medidas de lockdown, restrições de viagem e interrupções produtivas afetaram severamente a oferta. A crise expôs a forte dependência de matérias-primas e insumos farmacêuticos importados, por exemplo, China e Índia emergiram nas últimas décadas como fornecedores dominantes de princípios ativos (IFAs) e medicamentos genéricos. Estima-se que cerca de 31% de todas as instalações fabris de insumos farmacêuticos registradas nos EUA estejam localizadas na China ou Índia, e a China sozinha respondeu por 70% a 95% das importações americanas de certos princípios ativos (como ibuprofeno, hidrocortisona, acetaminofeno) e 80% dos antibióticos.

Quando fábricas asiáticas pararam ou reduziram atividades no auge da pandemia, houve temor de desabastecimento global de medicamentos essenciais. Embora muitas farmacêuticas ocidentais tenham estoques de segurança (em média 180 dias de estoque, segundo análise da indústria), a prolongada interrupção de fábricas na China e Índia ameaçou causar faltas significativas após alguns meses, dada a dificuldade de substituir fornecedores qualificados em curto prazo. Além disso, a pandemia evidenciou gargalos logísticos: a suspensão de voos de passageiros (que transportavam cargas nos porões) reduziu drasticamente a capacidade aérea de carga, fazendo o frete subir de US\$3 para US\$9 por quilo em rotas da Ásia. No transporte marítimo, houve aumento semelhante de custos (fretes marítimos quadruplicando) e portos congestionados, atrasando embarques.

Assim, mesmo quando havia oferta de produtos, a distribuição sofria atrasos e encarecimento. Itens como máscaras e álcool em gel tiveram demanda muito acima da oferta

inicial, levando a estoque preventivo (hoarding) por países e empresas, e a indústria levou tempo para ajustar a capacidade produtiva. Em suma, a COVID-19 escancarou os riscos ambientais/externos, como pandemias e desastres, que podem desorganizar toda a cadeia global farmacêutica, e reforçou a necessidade de aumentar a resiliência dessa cadeia para absorver choques futuros.

Diante de um ambiente tão instável, caracterizado por riscos intrínsecos do setor farmacêutico, limitações logísticas crônicas e ameaças externas (ambientais, sanitárias, geopolíticas), torna-se necessário desenvolver abordagens mais ágeis e sistemáticas para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos farmacêutica. Nesse cenário, os Gêmeos Digitais despontam como uma tecnologia promissora de suporte operacional, capaz de contribuir para a antecipação de falhas e para o planejamento proativo de respostas a eventos adversos. De forma integrada e interativa, um Gêmeo Digital pode ser entendido como uma réplica virtual de processos, produtos ou mesmo de toda a rede logística, que espelha em tempo real o comportamento do sistema físico correspondente. Aplicado à cadeia farmacêutica, isso significa modelar digitalmente as instalações de produção, centros de distribuição, rotas de transporte, estoques e outros elementos, integrando dados em tempo real (via IoT, sensores, sistemas transacionais) para simular variáveis críticas como temperatura, atrasos, falhas de equipamentos, acidentes, gargalos logísticos ou interrupções externas. Ao identificar padrões e antecipar vulnerabilidades, esses sistemas viabilizam a formulação rápida e eficaz de planos de contingência, possibilitando respostas operacionais antes que os riscos se materializem ou fujam do controle.

Assim, este trabalho investiga de forma abrangente se, e como a aplicação de Gêmeos Digitais pode contribuir para uma gestão de riscos mais eficiente, preditiva e resiliente na cadeia de suprimentos farmacêutica. Para tanto, estrutura-se inicialmente um referencial teórico sobre gerenciamento de riscos em cadeias de suprimento e sobre o conceito de gêmeos digitais. Em seguida, discute os principais desafios identificados (logísticos, internacionais e ambientais), ilustrando-os com casos e dados reais, e explora em profundidade as potenciais soluções baseadas em gêmeos digitais. Também são relacionadas ferramentas tradicionais de gestão de riscos com as capacidades dos gêmeos digitais, buscando aliar as teorias consagradas de risco e resiliência a práticas logísticas inovadoras e tecnologias emergentes.

2. Referencial Teórico

A cadeia de suprimentos farmacêutica pode ser pautada em um conjunto de atividades interligadas de planejamento, aquisição, produção, armazenamento, distribuição e entrega de medicamentos e insumos de saúde, que se estende desde os fornecedores de matéria-prima até o paciente. Nesse sentido, por envolver produtos de alto valor e de impacto direto na saúde pública, esta cadeia está exposta a uma imensa variedade de riscos, os quais podem comprometer sua eficiência, qualidade e continuidade. Risco, em termos gerais, é a possibilidade de ocorrência de um evento com consequências incertas e potencialmente negativas, conceito que, segundo Rao e Goldsby, só se aplica quando existe exposição a um evento incerto, ou seja, quando há incerteza sobre os resultados. Deste modo, situações com resultado certo, ainda que desfavorável, não configuram risco, e sim uma restrição conhecida. Dessa maneira, ao medirmos o risco, também estamos estimando as probabilidades de ocorrência do evento e o tamanho de seu impacto na cadeia.

Nas últimas duas décadas, o tema Supply Chain Risk Management (SCRM) ganhou protagonismo na academia e na prática. Jüttner, Peck e Christopher observaram que, em mercados turbulentos e incertos, a vulnerabilidade das cadeias aumentou à medida

que as empresas adotaram o global sourcing e o alongamento de suas redes, enquanto os próprios conceitos de “vulnerabilidade” e sua resposta gerencial (SCRM) ainda se encontravam em fase de desenvolvimento inicial. A sigla SCRM pode ser definida como a gestão dos riscos da cadeia por meio de coordenação ou colaboração entre parceiros ao longo da rede, definição que buscou assegurar lucratividade e continuidade. Em outras palavras, gerir riscos na cadeia requer visão integrada entre fornecedores, fabricantes, distribuidores e demais elos, a qual permite manter o desempenho mesmo diante de interrupções inesperadas, e requer ainda que as ações sejam não apenas reativas, mas também preventivas, as quais controlem e minimizem riscos antes que causem dano.

De modo a sistematizar o fenômeno, diversos autores propuseram classificações de diferentes fontes de risco. A tipologia de Rao e Goldsby, que se baseou em extensa revisão, organiza os riscos em cinco grandes grupos, os quais ajudam a conectar pressões externas a fragilidades internas e a limitações decisórias. O primeiro grupo, fatores ambientais, disserta acerca de variáveis do macroambiente, como incertezas políticas, econômicas, sociais e naturais, as quais abrangem instabilidade regulatória, oscilações cambiais, mudanças demográficas e pandemias, que podem afetar amplamente os atores da cadeia. O segundo grupo, fatores da indústria, refere-se às especificidades setoriais, as quais incluem incertezas nos mercados de insumos e de produtos e a dinâmica competitiva. O terceiro grupo, fatores organizacionais, diz respeito a organização interna da firma, ou seja, sobre processos, qualidade, finanças, sistemas... Há também o grupo dos fatores específicos do problema, que decorrem das características específicas do item a ser produzido, como um biológico (medicamento produzido a partir de sistemas vivos) de janela rígida, o qual exige cadeia fria, de modo a impor restrições logísticas. Por fim, o último grupo, fatores do decisor, em que os riscos nascem das escolhas do tomador de decisão, por exemplo, no contexto farmacêutico, quando uma liderança adota determinada posição, a qual vem a prejudicar a operação.

À luz desses cinco grupos, os riscos já mapeados distribuem-se de forma coerente. A concentração de IFAs em poucos países pertence ao plano da indústria, pois decorre da estrutura do fornecimento global. Greves de transporte, mudanças regulatórias e flutuações cambiais situam-se no plano ambiental, uma vez que emergem do macroambiente e escapam ao controle direto dos elos. Contaminações, falhas de equipamento, erros de qualidade, atrasos de liberação, integrações frágeis entre ERP, WMS e TMS e falta de alinhamento operacional são organizacionais, pois surgem de processos e capacidades internas. A volatilidade associada a produtos novos e vacinas, assim como a sensibilidade térmica e a validade residual curta, enquadram-se nos específicos do problema, já que derivam das características técnicas do item e das exigências do cliente. Descoordenação entre fabricantes, distribuidores e autoridades deve ser tratada como organizacional quando decorre de governança e informação insuficientes e como do decisor quando resulta de premissas e incentivos definidos em alto nível que aumentam a exposição.

Diante dessa diversidade, a literatura recomenda combinar instrumentos de gestão para identificar, analisar, priorizar e mitigar vulnerabilidades. A FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), a qual tem uso consolidado em setores regulados, aproxima o raciocínio de risco da rotina operacional ao mapear modos de falha por processo, atribuir severidade, ocorrência e detectabilidade e direcionar ações preventivas e planos de contingência, o que endereça sobretudo fatores organizacionais e específicos do problema. Em perspectiva macroambiental, a PESTEL organiza riscos políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais, que pressionam a rede, e se conecta ao planejamento de cenários. A SWOT liga ameaças e oportunidades externas às forças e fraquezas internas, criando ponte entre ambiental, indústria e organizacional e traduzindo o diagnóstico em políticas como múltiplas fontes qualificadas e estoques de segurança. Por fim, o modelo SCOR

fornece uma linguagem comum de processos, Planejar, Fonte, Fazer, Entregar, Retornar e Capacitar, com métricas e práticas, que quando atravessadas por uma agenda de risco, facilitam a localização de pontos críticos, e também a orquestração de respostas entre funções e parceiros. Como eixo articulador, a resiliência indica que operações bem projetadas e geridas tendem a falhar menos e a se recuperar mais rapidamente quando o inesperado ocorre, desde que existam visibilidade, flexibilidade e capacidade de resposta.

Neste contexto, a incorporação de tecnologias de dados surge como caminho para ampliar a gestão de risco sem sacrificar eficiência. Analytics, Machine Learning, Internet das Coisas e integração sistêmica fornecem dados em tempo quase real e previsões mais precisas, fornecendo respostas rápidas e identificando de modo preditivo padrões de risco em todos os grupos, do ambiental ao organizacional. Entre essas tecnologias, destacam-se os Gêmeos Digitais, que conectam a Indústria 4.0, pautada pelo seu fluxo de dados em tempo real, à transformação das cadeias de suprimentos, unindo o modelo virtual e a operação, visando antecipar perdas, orientar decisões e preservar serviço e qualidade em ambientes incertos.

Gêmeos Digitais e Aplicações em Cadeias de Suprimentos

O Gêmeo Digital, que se traduz como Digital Twin, é uma representação virtual de um objeto, processo ou sistema físico ao longo do seu ciclo de vida, a qual é alimentada por dados em tempo real e suportada por modelos e simulação, que permitem compreender, prever e otimizar desempenho. Michael Grieves introduziu o conceito no início dos anos 2000 no âmbito do PLM (Product Lifecycle Management), Gestão do Ciclo de Vida do Produto, e, em 2014, definiu o gêmeo como um equivalente digital de um produto físico, o qual é composto pelo sistema físico, pelo sistema virtual e pelas conexões de dados que viabilizam o fluxo informacional entre ambos. O pesquisador Michael Grieves e o engenheiro da NASA John Vickers enfatizaram o gêmeo como um modelo de informação fiel ao ativo, ou seja, ele é um modelo de informação que replica o estado e o comportamento do ativo físico com fidelidade, mantido indistinguível no que importa em relação ao original, por meio de atualização contínua, que se dá por sensores (fornecimento de dados relativos a temperatura, umidade, vibração, GPS) e por sistemas transacionais (fornecimento de dados do negócio, como emissão de pedido, liberação aduaneira e etc).

Embora este conceito tenha origem na manufatura, na qual se inclui manutenção preditiva de máquinas e linhas, ele se expandiu para cidades, saúde e, centralmente neste trabalho, na área de cadeias de suprimentos. Um gêmeo digital de Supply Chain modela de ponta a ponta, desde a compra de insumos para fabricação até a rede logística, abrangendo fábricas, centros de distribuição, modais e rotas, níveis de estoque, pedidos e restrições. E também integra ERP, WMS, telemetria de veículos, sensores de temperatura e dados externos, como dados climáticos, de modo que forneça visão holística e dinâmica. Os benefícios característicos aparecem de forma encadeada. Em primeiro lugar, a visibilidade e o monitoramento em tempo real permitem enxergar posição e condição dos produtos, níveis de estoque e variáveis ambientais, o que favorece intervenções preventivas e facilita auditorias e conformidade. Em segundo lugar, a simulação de cenários, a qual responde aos “e se”, habilita testar virtualmente interrupções, por exemplo fechamento de fábrica, atraso aduaneiro ou bloqueio de rota, e avaliar previamente gargalos, custos e tempos, o que apoia planos de contingência embasados. Em terceiro lugar, a otimização de operações utiliza algoritmos para roteirização, políticas de estoque e planejamento de capacidade sob múltiplas restrições, substituindo decisões fragmentadas por um modelo unificado. Em quarto lugar, a detecção de anomalias em nível de equipamento e de rede reduz paradas inesperadas e identifica padrões de risco, por exemplo tendência

de excursão térmica em determinada rota. Por fim, quando opera como plataforma de informação compartilhada entre parceiros, o gêmeo digital fortalece a colaboração, e, em algumas iniciativas, combina-se com blockchain, a qual assegura rastreabilidade e autenticação de lotes, recurso que ajuda a combater falsificação e a documentar condições de transporte.

Algumas experiências iniciais foram reportadas na logística farmacêutica. A World Courier divulgou o desenvolvimento de um gêmeo digital para sua operação global, o qual utilizou simulação de rotas e de capacidades para obter maior agilidade em envios termossensíveis, resultado que foi associado à melhor preparação para contingências, conforme World Courier, 2021. Em estudo de caso citado na literatura, Chiang e colaboradores, relataram que uma grande farmacêutica criou um gêmeo de sua cadeia interna para apoiar o rough-cut capacity planning (processo que verifica se o plano mestre de produção é compatível com a capacidade dos recursos críticos ao longo do caminho), que integrou dados de pedidos, inventário e produção e reduziu significativamente o tempo de replanejamento em situações de ruptura. Na manufatura farmacêutica, gêmeos digitais vêm acelerando transferência de tecnologia e scale-up de processos (transição da condição de laboratório ou piloto para a condição industrial preservando qualidade e desempenho), por exemplo no desenvolvimento de vacinas, efeito que repercute na cadeia de suprimentos, a qual pode realizar ramp-up (subida controlada do volume de produção até atingir um regime estável) mais rápido e reduzir o risco de lote fora de especificação.

Apesar do potencial, a adoção enfrenta desafios práticos. Os custos e a complexidade de integração tecnológica são relevantes, a qualidade e a disponibilidade de dados condicionam o valor do modelo, existem exigências de segurança e de privacidade, e nem tudo é perfeitamente modelável, cenário no qual decisões humanas e eventos aleatórios mantêm incerteza residual. Além disso, a manutenção do gêmeo exige compromisso contínuo, o qual acompanha mudanças reais na rede. Em síntese, os gêmeos digitais oferecem abordagem promissora para elevar previsibilidade e rapidez de resposta em cadeias farmacêuticas, mas sua implementação deve ser avaliada caso a caso, a qual considera custos, infraestrutura de dados e maturidade digital. Nas seções empíricas do trabalho, esta base conceitual será utilizada para interpretar os casos da greve dos caminhoneiros, do bloqueio do Canal de Suez e da COVID-19, e para discutir como técnicas de planejamento de rotas, ferramentas de gestão de risco e gêmeos digitais podem convergir, o que reduz exposição e aumenta resiliência.

3. Metodologia

O desenho metodológico combinou revisão integrativa de literatura acadêmica e técnica, análise documental de normas sanitárias brasileiras e guias internacionais, e coleta de evidências primárias por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores e responsáveis técnicos de transportadoras de medicamentos, as quais forneceram conhecimento prático sobre operações, controles e conformidade. A revisão bibliográfica partiu da comparação de conceitos e tipologias propostas por Uta Jüttner, Helen Peck e Martin Christopher, que discutiram vulnerabilidade e gestão de riscos em cadeias de suprimentos; por Shashank Rao e Thomas Goldsby, que organizaram as fontes de risco em categorias analíticas, as quais utilizamos neste estudo; e pela obra didática de Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones e Robert Johnston, a qual serviu de referência para ligar riscos a processos e métricas operacionais.

Na análise documental, recorremos à Resolução da Diretoria Colegiada nº 430, de 8 de outubro de 2020, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, instrumento que estabeleceu requisitos de Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e de Transporte de

Medicamentos e que elevou o patamar de exigência para distribuidores e transportadores, especialmente no que diz respeito à qualificação do transporte, ao mapeamento térmico de rotas e à análise de risco; utilizamos também o documento “Perguntas e Respostas” da Anvisa, atualizado pela RDC nº 653/2022, por meio do qual a agência esclareceu responsabilidades, tratou de terceirização e detalhou evidências esperadas para controle e monitoramento; e comparamos tais orientações com a RDC nº 304, de 17 de setembro de 2019, a qual dispõe que o monitoramento e o controle de temperatura durante armazenagem e transporte ocorressem de forma contínua, admitindo, contudo, isenção em condições restritas, como em transporte de curta duração com uso de embalagens térmicas qualificadas e documentação comprobatória. Para balizar faixas térmicas de referência em produtos não termolábeis, adotamos a orientação pública da Agência Nacional de Vigilância Sanitária dirigida à população, segundo a qual a temperatura ambiente controlada situa-se entre 15 °C e 30 °C, premissa que utilizamos nos cenários de risco térmico e na interpretação dos relatos de campo. Para alinhar a metodologia às melhores práticas internacionais, seguimos o Anexo 9 do Technical Report Series nº 961, de 2011, da Organização Mundial da Saúde, documento que descreve a gestão de produtos farmacêuticos sensíveis ao tempo e à temperatura, define o perfil térmico de rota (qualificação e mapeamento térmico) e orienta o uso de sistemas passivos (caixas isotérmicas com materiais de mudança de fase e, quando aplicável, gelo seco) e sistemas ativos de controle térmico, bem como o papel do monitoramento em tempo real conforme criticidade do produto e do percurso.

As entrevistas com as transportadoras indicaram o uso corrente de WMS integrado ao ERP para rastreabilidade por lote e validade, execução de FEFO (First-Expired, First-Out) no picking, integração com parceiros e utilização de data loggers calibrados. Além disso, podemos citar a prática de qualificação e mapeamento térmico das rotas (efetuado em grupo com várias transportadoras para o custeamento deste estudo) por sazonalidade, verão e inverno, com revisão do perfil quando há mudanças operacionais, o que está em consonância com as exigências normativas citadas. Esses achados foram confrontados com um estudo aplicado brasileiro, a dissertação de mestrado de Livia Fonseca de Medeiros Silva, defendida na PUC-Rio em 2012, na qual se documentaram funcionalidades específicas de WMS em centro de distribuição farmacêutico (controle por lote e validade, FEFO e integração com processos) e ganhos de desempenho após a implantação.

Por fim, triangulamos literatura, normas e prática declarada, de modo que as recomendações deste trabalho e os cenários simulados em “e se” se apoiassem simultaneamente no arcabouço conceitual, nas exigências regulatórias e na experiência operacional relatada pelos agentes de mercado, os quais, em rotas urbanas curtas, confirmaram o emprego frequente de embalagens passivas qualificadas em veículos leves (como furgões tipo Fiorino), solução que, quando devidamente qualificada e documentada, pode dispensar o uso de baús refrigerados sem comprometer a integridade térmica.

4. Cases

4.1 Greve dos caminhoneiros de 2018, eixo logístico

A paralisação nacional de maio de 2018 interrompeu o escoamento rodoviário em diversos estados e expôs a dependência da cadeia farmacêutica do modal rodoviário. O fluxo de medicamentos, insumos hospitalares e produtos termossensíveis foi afetado por bloqueios prolongados, filas e insegurança em trechos específicos. Em consequência, hospitais e farmácias registraram faltas pontuais, veículos ficaram parados além da autonomia térmica prevista e a última milha urbana revelou fragilidades de docas, janelas de recebimento e embalagens passivas.

À luz da tipologia de Rao e Goldsby, o episódio combina risco ambiental, por causa do choque externo e imprevisível, risco de indústria, em razão da concentração estrutural no modal rodoviário e da baixa redundância intermodal, risco organizacional, pela calibração de estoques e integrações sistêmicas para variâncias menores do que as observadas, risco específico do problema, devido à sensibilidade térmica dos biológicos e às janelas clínicas rígidas, e risco do decisor, quando políticas de expedição e priorização mantêm exposição elevada. Nesse contexto, o gêmeo digital não se limita a redirecionar rotas, ele atua como uma torre de decisão que absorve dados operacionais e externos, processa cenários e reconfigura a rede de forma dinâmica.

O modelo integra pedidos e saldos do ERP, rastreabilidade por lote do WMS, planos do TMS, telemetria de temperatura e posição, clima e boletins de segurança, calcula autonomia residual de cada embalagem passiva ou não com base na temperatura ambiente e no tempo de trânsito, atualiza o lead time estocástico por corredor e estima a probabilidade de excursão por embarque. A partir dessas estimativas, o gêmeo simula filas e paradas imprevistas, quantifica a carga térmica por trecho e organiza a priorização por criticidade clínica e por validade residual, de modo que a decisão final considere serviço, qualidade e risco. Quando o risco projetado cresce, o sistema recomenda ações que vão além do desvio de rota, como transbordo para refrigeração ativa em ponto seguro, instalação temporária de câmaras frias móveis em bases regionais, consolidação de pedidos para reduzir manipulações, remanejamento de estoque entre estados menos afetados e reprogramação de janelas de recebimento para horários mais frios.

Em áreas com maior risco de segurança, o gêmeo ancora o planejamento em corredores homologados e paradas seguras, reduz a exposição na última milha e direciona o uso de veículos leves com embalagem passiva qualificada e janela curta. Cada decisão fica registrada com dados de temperatura e justificativas de priorização, o que sustenta auditorias e conformidade sanitária. O resultado esperado é a redução de perdas térmicas e de rupturas em itens críticos, a queda do desvio do lead time após reconfiguração e a diminuição do tempo de replanejamento entre a detecção do evento e a ação corretiva, com documentação íntegra para inspeções.

Bloqueio do Canal de Suez em 2021, eixo internacional

O encalhe do Ever Given em março de 2021 suspendeu por quase uma semana a passagem no Canal de Suez e criou filas de navios que repercutiram por meses em cronogramas, disponibilidade de contêineres e janelas portuárias. A cadeia farmacêutica sentiu atrasos na chegada de IFAs, excipientes, materiais de embalagem e produtos acabados, em momento de demanda elevada e de capacidade aérea reduzida. Prazos de entrega esticados comprometeram cronogramas de produção, aumentaram custos de frete e exigiram reprogramações aduaneiras e regulatórias.

Pelo mesmo viés conceitual da tipologia, o risco ambiental se manifesta no bloqueio súbito de uma artéria do comércio marítimo que nenhum elo controla. O risco de indústria aparece na concentração de fornecimento e de corredores, forte dependência de poucas rotas e hubs e escassez de alternativas qualificadas, o que amplia a exposição. O risco organizacional envolve políticas de estoque e de capacidade ajustadas a variâncias históricas menores que as observadas, visibilidade limitada do inventário em trânsito e coordenação frágil entre planejamento, compras, logística internacional e fábricas. O risco específico do problema recai sobre itens com validade curta, cadeia fria e requisitos rígidos de documentação e de estabilidade, além de lotes com janela crítica de chegada para compor campanhas de produção. O risco do decisor emerge de opções como postergar a diversificação de fornecedores, manter incoterms que deslocam risco

sem contrapartida de controle, adiar contratos de capacidade contingente e não priorizar alocação por criticidade clínica quando a oferta fica curta.

Neste caso, o gêmeo digital de cadeia global atua como integrador de dados e laboratório de decisão. O gêmeo modelaria fornecedores por camadas, redes marítimas e aéreas, capacidades e estoques de segurança, também iria reestimar diariamente o tempo de ressuprimento efetivo por item usando telemetria de navios, filas portuárias e reservas de espaço. O modelo avalia, inclusive, para cada família de produto, o equilíbrio entre custo por dia de falta e prêmio de conversão para modal aéreo ou para contorno marítimo, decide quando converter modal e quando adiar campanhas produtivas, prioriza apresentações de maior impacto clínico e validade mais curta e sugere reposicionamento de estoques entre fábricas e centros de distribuição. Quando viável do ponto de vista regulatório e técnico, o gêmeo propõe postergação de diferenciação e centralização de inventário de semiacabados para preservar disponibilidade no ponto de consumo.

Todo o raciocínio fica documentado, o que melhora a transparência em alocação de oferta curta. O efeito esperado aparece na queda do risco de ruptura por item crítico, na normalização mais rápida do plano mestre e na proporção de conversões de modal que mostram retorno econômico e clínico positivo.

COVID 19, eixo ambiental e sanitário

A pandemia iniciada em 2020 reuniu choques simultâneos de oferta, demanda e logística. Lockdowns reduziram a capacidade fabril em países fornecedores de IFAs e de materiais, a capacidade aérea despencou com a queda de voos de passageiros, portos sofreram congestionamentos e a demanda por medicamentos, dispositivos e vacinas oscilou em ondas regionais com picos abruptos. No nível local, absenteísmo, protocolos sanitários e janelas de recebimento alteradas alongaram o tempo de ciclo. Em produtos de cadeia fria, a integridade térmica tornou-se mais difícil de manter diante de rotas longas e imprevisíveis.

Utilizaremos novamente a classificação tipológica de riscos. O risco ambiental domina, pandemia e medidas de resposta que fogem ao controle dos elos e alteram oferta, demanda e transporte. O risco de indústria decorre da concentração global de IFAs e de capacidades especializadas, da competição por insumos e de gargalos geopolíticos e sanitários. O risco organizacional aparece em balanceamentos frágeis entre produção e laboratório de controle, integrações sistêmicas incompletas, governança de S and OP que não estabiliza o plano e dados mestres imprecisos, o que eleva erro de previsão e de reposição. O risco específico do problema é maior para biológicos e vacinas, itens sensíveis a temperatura, com validade curta e janelas rígidas de preparação e aplicação. O risco do decisor se materializa em escolhas como reduzir estoques de segurança apesar do aumento de variância, adiar qualificação de segunda fonte, adotar embalagens passivas insuficientes e reagir com compras oportunistas que acentuam o efeito chicote.

O gêmeo digital desenhado para choques sanitários opera como uma torre analítica que combina séries epidemiológicas e políticas públicas para prever consumo por classe terapêutica e por região, recalcula capacidade efetiva por corredor com base em voos, navios e filas, e reestima tempos de ressuprimento por item. Na cadeia fria, o modelo integra telemetria térmica, massa e inércia das embalagens e janela de entrega, calcula a temperatura cinética média e o tempo até excursão, antecipa violações e recomenda rota e janela que maximizam a autonomia real, além de propor reforço de materiais de mudança de fase e instalação temporária de câmaras em hubs. Em condições de oferta curta, o gêmeo aplica regra de alocação por criticidade clínica, registra critérios e evi-

dências e reduz conflitos entre áreas ao ancorar a distribuição em uma lógica transparente. Ao registrar hipóteses, parâmetros e resultados, o sistema transforma cada onda em protocolo, encurta tempos de resposta em eventos subsequentes e consolida uma memória operacional que melhora a prontidão. O resultado esperado se expressa na preservação do nível de serviço em picos regionais, na redução do tempo de resposta à perda de capacidade e na queda de excursões térmicas evitáveis por ação preventiva.

5. Resultados

Os resultados deste estudo consistem em uma análise integrada de conceitos de vulnerabilidade e gestão de riscos aplicados ao contexto da logística farmacêutica nacional. A partir da literatura especializada e das normas sanitárias brasileiras, foram comparadas definições, classificações de risco e abordagens de mitigação, de modo a identificar quais modelos teóricos se ajustam melhor à realidade regulatória do setor. O principal resultado conceitual foi a adoção da tipologia de fontes de risco proposta por Shashank Rao e Thomas Goldsby, a qual se mostrou mais compatível com cadeias altamente regulamentadas e com os requisitos de rastreabilidade e integridade aplicáveis ao transporte e à armazenagem de medicamentos no Brasil. Essa tipologia forneceu a estrutura que orientou a leitura dos eventos analisados e a interpretação do papel potencial dos gêmeos digitais em cada cenário.

O estudo também sistematizou elementos recorrentes do arcabouço regulatório, especialmente as exigências da Anvisa em monitoramento e controle térmico, qualificação de rotas e documentação. Ao analisar literatura e normas, foi possível identificar quais práticas são mandatórias, quais são recomendadas e quais permanecem como lacunas operacionais, especialmente no que se refere à capacidade de antecipar excursões térmicas e de reconfigurar redes logísticas em situações anormais. Essa sistematização funciona como um mapa conceitual de aderência regulatória, e serviu de base para projetar como um gêmeo digital poderia operar como instrumento de análise e de tomada de decisão.

A aplicação da tipologia de Rao e Goldsby aos três eventos estudados (greve dos caminhoneiros, bloqueio do Canal de Suez e pandemia de COVID-19) mostrou que cadeias farmacêuticas estão expostas simultaneamente a riscos ambientais, de indústria, organizacionais, específicos do produto e do decisor. Em cada caso analisado, foi descrito como um gêmeo digital poderia atuar para reduzir vulnerabilidades, integrando dados operacionais e externos, simulando cenários e sugerindo alternativas de rota, transporte, priorização de itens ou redistribuição de estoques. Embora este estudo não tenha desenvolvido ou testado o modelo, a análise indicou que a aplicação de um gêmeo digital tende a reduzir o tempo entre a detecção de eventos adversos e a implementação de ações corretivas, o que provavelmente diminuiria a incidência de excursões térmicas, mitigaria rupturas e daria maior transparência às decisões.

A comparação dos casos revelou que a cadeia farmacêutica brasileira é particularmente sensível à dependência do modal rodoviário e à grande amplitude térmica do território. Mesmo sem execução empírica, os exercícios analíticos sugerem que o uso de gêmeos digitais pode beneficiar a gestão, principalmente ao antecipar riscos logísticos, projetar impactos regulatórios e organizar priorização de itens críticos. Esses efeitos permanecem como hipóteses plausíveis e podem orientar estudos futuros de validação operacional com dados reais.

Como limitações, reconhece-se que os resultados se baseiam em análise conceitual, documentação regulatória e literatura acadêmica, sem piloto prático do gêmeo digital ou medições quantitativas de antes e depois. Ainda assim, a triangulação entre teoria, normas e casos reais fornece evidências suficientes para sustentar que o uso de mode-

los digitais pode fortalecer a resiliência das cadeias farmacêuticas, especialmente em eventos de grande impacto logístico ou sanitário. Estudos futuros podem avançar com validação empírica, simulações quantitativas em modelos e avaliações de custo-benefício em operações reais.

REFERÊNCIAS

APICS. *Supply Chain Operations Reference (SCOR) model: version 12.0*. Chicago: APICS, 2017.

ABIFINA – Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades. *ESPECIAL COVID-19: desafios na luta contra o coronavírus*. Rio de Janeiro: ABIFINA, 2020. Disponível em: <https://abifina.org.br/facto/62/especial/especial-covid-19-desafios-na-luta-contra-o-coronavirus/>.

ABIFINA – Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades. *COVID-19 e seus efeitos na cadeia produtiva farmacêutica brasileira*. Rio de Janeiro: ABIFINA, 2020. Disponível em: <https://abifina.org.br/facto/62/especial/covid-19-e-seus-efeitos-na-cadeia-produtiva-farmaceutica-brasileira/>.

BADIEI, Ali. *Digital twin in the pharmaceutical supply chain*. ONdrugDelivery, Issue 149, p. 45–58, jun. 2023. Disponível em: <https://www.ondrugdelivery.com/digital-twin-in-the-pharmaceutical-supply-chain/>.

BENEDETTO, João Miguel. *Supply chain vulnerability drivers: a case study based in the 2018 Brazilian truck drivers strike*. São Paulo: FGV EAESP, 2020. Monografia (Graduação em Administração). Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/28981>.

BBC NEWS. *Suez Canal: what happened and why does it matter?* Londres: BBC, 29 mar. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-56505413>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 430, de 8 de outubro de 2020: dispõe sobre as Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e Transporte de Medicamentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-430-de-8-de-outubro-de-2020-282267317>.

BRASIL. Ministério dos Transportes; Empresa de Planejamento e Logística (EPL). Plano Nacional de Logística 2035 (PNL 2035): síntese executiva. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/pnl/pnl>.

CHRISTOPHER, Martin; PECK, Helen. *Building the resilient supply chain*. The International Journal of Logistics Management, v. 15, n. 2, p. 1–13, 2004. DOI: 10.1108/09574090410700275.

GRIEVES, Michael. *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*. Melbourne, FL: Florida Institute of Technology, 2014. (White paper). Disponível em: <https://www.3ds.com/fileadmin/PRODUCTS-SERVICES/DELMIA/PDF/Whitepaper/DELMIA-APRISO-Digital-Twin-Whitepaper.pdf>.

GRIEVES, Michael; VICKERS, John. *Digital Twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems*. In: KAHLEN, F. J.; FLUMERFELT, S.; ALVES, A. (org.). *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*. Cham: Springer, 2017. p. 85–113. DOI: 10.1007/978-3-319-38756-7_4.

ITA FRIA. *Os 5 erros mais comuns no transporte de medicamentos e como evitá-los*. 14 fev. 2025. Disponível em: <https://itafria.com.br/os-5-erros-mais-comuns-no-transporte-de-medicamentos-e-como-evita-los/>.

JÜTTNER, Uta; PECK, Helen; CHRISTOPHER, Martin. *Supply Chain Risk Management: outlining an agenda for future research*. International Journal of Logistics: Research and Applications, v. 6, n. 4, p. 197–210, 2003. DOI: 10.1080/13675560310001627016.

PUNNIYAMOORTHY, M.; THAMARASELVAN, N.; MANIKANDAN, L. Assessment of supply chain risk: scale development and validation. *Benchmarking: An International Journal*, v. 20, n. 1, p. 79–105, 2013. DOI: 10.1108/14635771311299404.

RAO, Shashank; GOLDSBY, Thomas J. *Supply chain risks: a review*. The International Journal of Logistics Management, v. 20, n. 1, p. 97–123, 2009. DOI: 10.1108/09574090910954864.

SEABRA FILHO, Francisco Tarcísio et al. *Perdas físicas de imunobiológicos no estado do Ceará, 2014–2016*. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 29, n. 2, e2019004, 2020. DOI: 10.5123/S1679-49742020000200003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/QgkS-JTH6WRKdBQ8GkVkrYwL/>.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. *Operations Management*. 9. ed. Harlow: Pearson, 2019.

TANG, Christopher S. *Robust strategies for mitigating supply chain disruptions*. International Journal of Logistics: Research and Applications, v. 9, n. 1, p. 33–45, 2006. DOI: 10.1080/13675560500405584.

WALSH, Robin. *A history of the pharmaceutical industry*. pharmaphorum, 1 set. 2020. Disponível em: https://pharmaphorum.com/r-d/a_history_of_the_pharmaceutical_industry.

WORLD COURIER. *How digital twins revolutionize agility in pharma logistics: Q&A with Ioannis Grigoriadis*. 7 abr. 2024. Disponível em: <https://www.worldcourier.com/insights/how-digital-twins-revolutionize-agility-in-pharma-logistics>.

ANVISA. *Saiba como conservar medicamentos em casa*. Brasília, DF, 1 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/blucher-orientacoes-sobre-cuidados-de-conservacao-de-medicamentos>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 304, de 17 de setembro de 2019. Dispõe sobre as Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e de Transporte de Medicamentos. Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/rdc0304_17_09_2019.pdf.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 430, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre as Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e de Transporte de Medicamentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 out. 2020. Disponível em: <https://anvisa.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/certificacao-e-fiscalizacao/perguntas-e-respostas/perguntas-e-respostas-rdc-430-de-2020.pdf>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Perguntas e Respostas – RDC nº 430/2020 (atualizado por RDC nº 653/2022). Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/certificacao-e-fiscalizacao/perguntas-e-respostas/perguntas-e-respostas-rdc-430-de-2020.pdf>.

SILVA, Livia Fonseca de Medeiros. *O impacto do Warehouse Management System (WMS) nos indicadores de desempenho logístico: aplicação em centro de distribuição de medicamentos*. 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21339/21339_1.PDF.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO Technical Report Series, No. 961 (2011), Annex 9: Model guidance for the storage and transport of time- and temperature-sensitive phar-*

maceutical products. Geneva: WHO, 2011. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44575>.

Entrevistas com gestores e responsáveis técnicos de transportadoras de medicamentos. *Entrevistas semiestruturadas, São Paulo, jul.–ago. 2025*. Informação verbal documentada pelo pesquisador.

ANVISA — Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 304, de 17 de setembro de 2019*. Dispõe sobre as Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e de Transporte de Medicamentos. Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/rdc0304_17_09_2019.pdf.

ANVISA — Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 430, de 8 de outubro de 2020*. Dispõe sobre as Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e de Transporte de Medicamentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 out. 2020. Disponível em: <https://anvisa.legis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&numeroAto=00000430&orgao=RDC%2FDC%2FANVISA%2FMS&valorAno=2020>.

ANVISA — Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Perguntas e Respostas – RDC nº 430/2020 (atualizado pela RDC nº 653/2022)*. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/certificacao-e-fiscalizacao/perguntas-e-respostas/perguntas-e-respostas-rdc-430-de-2020.pdf>.

ANVISA — Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Saiba como conservar medicamentos em casa*. Brasília, DF, 1 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/blucher-orientacoes-sobre-cuidados-de-conservacao-de-medicamentos>.

JÜTTNER, Uta; PECK, Helen; CHRISTOPHER, Martin. *Supply chain risk management: outlining an agenda for future research*. International Journal of Logistics: Research and Applications, v. 6, n. 4, p. 197–210, 2003.

PUNNIYAMOORTHY, M.; THAMARASELVAN, N.; MANIKANDAN, L. Assessment of supply chain risk: scale development and validation. *Benchmarking: An International Journal*, v. 20, n. 1, p. 79–105, 2013.

RAO, Shashank; GOLDSBY, Thomas J. *Supply chain risks: a review and typology*. The International Journal of Logistics Management, v. 20, n. 1, p. 97–123, 2009.

SILVA, Livia Fonseca de Medeiros. *O impacto do Warehouse Management System (WMS) nos indicadores de desempenho logístico: aplicação em centro de distribuição de medicamentos*. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21339/21339_1.PDF.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. *Operations Management*. 9. ed. Harlow: Pearson, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO Technical Report Series, No. 961 (2011), Annex 9: Model guidance for the storage and transport of time- and temperature-sensitive pharmaceutical products*. Geneva: WHO, 2011. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44575>.

